

データ分析とビジュアライゼーション

GIS

セクション1. GISガイドについて

1.1 ガイドの使い方

1.1.1 グッドプラクティスのためのGISガイド

本章は、GISによるデジタルリソースの作成、維持、利用および長期保存に関する、個人および組織のためのガイドです。全体的に考古学データに重点を置いていますが、ここで提示する情報はもっと幅広い分野にも関わっていることに注意してください。

一般的で有用な情報に加えて、ここでは、長期保存、アーカイブ、効果的なデータ再利用のプロセスを重視します。そのため、認識された基準に準拠することの重要性と、所与のリソースについての重要な情報記録について、繰り返し言及することになります。後者（リソースについての重要な情報記録）は、デジタルリソースのアーカイブ環境への移行を円滑にし、将来のデータの再配置、再利用可能性を確実に行えるように検討されています。

この章は、（本ガイド全体の中の）テーマ別のガイドの一つであり、衛星画像の統合や、CADのレイヤーで使用される正確なフォーマットや規格など、ここで説明するトピックの多くについてより詳細な議論が含まれているものもあります。GIS、CAD、物理探査、リモートセンシングなど、各項目はそれぞれ自己完結するように作られていますが、全体としても、網羅的で信頼できる、包括的で実践的なガイドラインを提示しています。

本ガイドが何を取り上げていないかを明言しておくことも重要でしょう。GISの基礎となる起源、理論、技術的な導入を紹介することは大変なので、本ガイドでは取り上げません。また、GISを利用するための唯一の最善な方法を提起するものではありません。データの標準と枠組みは当然重要ですが、本ガイドでは、それらが既に存在するか、または適用可能な場面、課題における、参考となる関連情報を実務家に対して示すことを目指します。最適な解決策というものはあり得ますが、本ガイドでは、単一の標準や限られたオプションを厳密に提唱するものではありません。ここでの目的は、幅広い標準や枠組みのルーチン的な仕様を構築、促進させるための、より一般的なものです。その意味では、本ガイドはマニュアル（手順説明書）ではなく、ガイドとしての役割を果たすものです。

また本ガイドは、発掘調査、地域調査、アーカイブ研究、遺跡内分析など、どのような考古学的活動から得られたもののかに関係なく、考古学的データとGISのみを対象としていることに注意してください。このため、研究のためのデータへのアクセス、維持、将来的なCADシステムでの再利用を目的とした、統合、アーカイブ化、アクセス方法は対象とではありません。

1.1.2 ガイドの使い方

（プロジェクトなどの）成果として得たデータをデジタルアーカイブとして保存するという長期目標を持ってGIS業務に関与している、または実施を計画している個人や機関は、理想的には本ガイドの全体はもちろんのこと、付章の導入部から全体まで目を通すべきです。しかし実務家は、全体の中の特定の作業段階のみを扱うことが多いので、本ガイドは明確なテーマ別のセクションを分けて構成しました。従って、担当者は、現在従事している作業に関連するセクションを注意深く読むことを推奨します。

これまで述べてきたように、効果的に文書化されたGISデータベースを作成し、効果的にアーカイブし、再利用可能なリソースを創り出すことを確実にするための記録において重要な事項は、本章の全体を通じて列記されています。その内容は本章（GIS）の冒頭に目次として提示されています（→11）、同時にメタデータの累積的性質を理解することも重要です。例えば、実務家の目下の関心が複数の紙地図をGISに統合することで、デジタイザーを利用して多数のベクターレイヤーを作成する場合、以下の点に注意を払う必要があります。

- ・地図および図面（→2.5）
- ・ベクターモデル（→2.1）
- ・デジタル化（→2.1）
- ・情報の構造化、整理、保守（→2.1）

関連情報を識別する過程を補助し、適切なメタデータの記録を確実にするために、付録2には、上記の説明のように、一般的なGIS関連の作業と操作を通してユーザーを導く最適な工程がまとめられています。

1.1.3 テーマ別セクション

実務家が、それぞれ抱えている作業に最も関連性の高い具体的なセクションを見つけやすくするために、各セクションの目的を以下に要約しました。

- ・セクション1では、考古学におけるGISの役割について簡単に紹介し、重要な参考文献や基本的なテキストを多数示しています。このセクションは、考古学におけるGISの文脈的背景を示します。
- ・セクション2では、主要な空間データと属性データの基本的な種類や共通ソース、それらをGIS環境で統合する過程について説明します。このセクションでは、アクティブなGISデータベースの効果的な構造化、組織化、維持に関わる手順と考察についても論じます。さらに、加工データを取り扱うための提案も紹介しています。セクション2では、丁寧な文書化の重要性も取り上げます。実際に、アクティブなGISデータリソースとアーカイブ化されたGISデータリソースの両者について、発見と再利用をしやすくするために、何をいつ記録すべきかを説

明します。文書化とメタデータの概念を探求し、リソース発見のためのダブリンコア・メタデータ標準の作業紹介とともに説明します。

・セクション3は、データセットの蓄積とカタログ化の方法に関する具体的な議論を含みます。デジタルアーカイブのためのGISデータを準備する一般的な方法の事例として役立つはずです。

厳選された参考文献リストも提示しており、各自がトピックをより詳しく調べられるようになっています。さらに、内部用語集も掲載しています。

1.2 考古学におけるGISの応用

1990年代以降のGISへの関心の爆発的な高まりは、現在も過去も、空間、空間概念、空間モデリングの重要性を反映しています。空間データを管理・分析する技術は、現在では数百万ドル規模の産業となりましたが、考古学者の課題や関心はほとんど考慮されておらず、そこで筆者らはGISの考古学への革新的かつ積極的な応用を開発に取り組んできました。本セクションでは、その取り組みの展開をたどり、考古学におけるGISの応用の新化を描きます。ここでは多様なアプローチを網羅し、この分野における応用の幅と多様性を強調します。

1.2.1 コア・リファレンス

全体に関わるアクセスしやすい主な文献を厳選しています。以下の4冊の学会論文集が中核となります（刊行順ではなく学会順：Allen et al. 1990; Aldenderfer and Maschner 1996; Maschner 1996; Lock and Stancic 1995）。これらの書籍には、考古学におけるGISの発展についての貴重な概観とともに、広範囲の事例や理論研究が所収されています（例：Harris and Lock 1990; Kvamme 1995; Harris and Lock 1995; Maschner 1996）。もう一つの重要な文献はCAA（Computer Applications in Archaeology conference）の大会発表要旨で、ここでの最初のGIS論文は1986年まで遡ります。CAAは1992年以降国際化され、いまやGISの理論と応用のあらゆる様相がCAAのプログラムを構成する主要なテーマとなっています（1986年から1995年までの大会発表要旨は以下の通り：Laflin 1986; Ruggles and Rahtz 1988; Rahtz 1988; Rahtz and Richards 1989; Lockyear and Rahtz 1991; Lock and Moffett 1992; Andresen et al. 1993; Wilcock and Lockyear 1995; Huggett and Ryan 1995; Kamermans and Fennema 1996）。特に役立つウェブ上のリソースは、“GIS in Archaeology Bibliography 1995”（考古学書誌におけるGIS1995年版）とGISを使用する考古学者のリストの二つです。

1.2.2 黎明期と空間統計

考古学におけるGISの利用は、文化財保護における遺跡存在予測モデルのために、北米において発展しました（Kohler and Parker 1986）。用いられた統計手法はラスター・モデルに適したものであり、効果的な方法論と結果が急速に蓄積されていきました（Kvamme and Kohler 1988; Kvamme 1990; Warren 1990）。最近では、オランダでもこれらのアプローチが注目されており（Brandt et al. 1992; van Leusen 1996）、Wheatley（1996）は環境データを重視した結果として環境決定論を無批判に助長しているという指摘に対して文化データを取り入れました。

GISは空間分析の新しいアプローチを開発するための理想的な手段であると認識されていましたが、商用GISパッケージの多くは基礎的な機能に欠けていたため、広く利用できる統計手法はほとんどありません（Openshaw 1991; Fotheringham and Rogerson 1994）。考古学においては、先行研究の延長線上にあるセル（グリッド）ベースの操作、例えば自己相関（Kvamme 1993）や統計とシミュレーション（Kvamme 1996）が、おそらく地図作成モデリングの幅広い手順の一部として（Tomlin 1990, 概説としてvan Leusen 1993）重視されています。

1.2.3 景観、現在および過去

考古学におけるGISの有用性の認識と、それに伴う応用の急速な増加は、1990年刊行のInterpreting Space（『空間の解釈』Allen et al.）から始まりました。それ以来、大きく分けて文化財保護（CRM）と景観分析という2つの潮流が発展してきました。GISの特性は間違いなくその分析能力であるとするならば（Martin 1996を参照）、ソフトウェアは、大規模で多様なデータセットを統合して管理する機能が重要になります。地域や国全体のように広大な地理的範囲を対象として、さまざまな種類の空間データとテキスト・データベースを統合し、ジオリファレンスすることは、文化財保護の中心的な課題となっています。これは通常、法的規定によるものであり、しばしばさまざまな縮尺のデータソースの統合を必要とします。このような、管理すべきデータの多様さとその強度が、全てではありませんが、多くのケースで分析を（データ管理）二の次に追いやってしまいます。

文化財保護におけるGISの可能性は、1991年の会議（Larsen 1992）において多くの国に認められ、それ以降、フランス（Guillot and Leroy 1995）、オランダ（Roorda and Wiemer 1992）、スコットランド（Murray 1995）など、いくつかの国で実装されました。国や地域単位の文化財保護組織によるGISの導入は複雑な仕事であり、情報戦略（既存システムからのアップグレードだけでなく）、通信、標準化、政治、資金調達など、しばしば問題に巻き込まれることがあります。欧州連合によるイニシアチブ（van Leusen 1995）、多様なデータモデル（Arroyo-Bishop and Lantada Zarzosa 1995; Lang and Stead 1992）、既存のデータベースの再構築に関する問題（Robinson 1993）など、幅広い課題が出版物上で議論されてきました。

文化財保護システムは、通常ベクターデータモデルに基づいていますが、航空写真をスコットランド記念物レコード（Scottish National Monuments Record: Murray and Dixon 1995）に統合した事例など、多数のラスター・データレイヤーをデータベースに組み込む必要性もしばしば生じます。その他の一般的なラスター・データとしては、地球物理探査の結果（厳密には文化財保護ではないが格好の事例としてロクシター・後背地プロジェクト（Wroxeter Hinterland Project: Gaffney, van Leusen and White 1996））や衛星画像（Cox 1992; Gaffney, Ostir, Podobnikar and Stancic 1996）があります。

文化財保護以外の景観分析への応用では、GISの分析機能ではなくマッピング機能を利用したもののがかなりあります。とは言え、クロアチア・フヴァル島における初期の事例研究や（Gaffney and Stancic 1991; 1992）、さまざまな統

計、距離関数を含む一連の方法で考古学的な分析を実施した van Leusen (1993) の論文が示すように、分析は、GIS を用いた景観研究の中心であると言えます。このような応用は、GIS の認識論、および GIS と考古学理論の共生的関係などについての活発な議論を喚起しました。これは数年先行して地理学の分野で生じた議論であり（概要については Taylor and Johnston 1995 を参照）、考古学の分野では、多くの研究者によって長い間時代遅れの理論として否定されてきた（Gaffney and van Leusen 1995）、実証主義と環境決定論への回帰（Wheatley 1993）に対する議論として表面化しました。

この議論に対する反応は、景観を効果的に人間化（人間主義化）するさまざまな方法を含む GIS の機能に、理論的な概念を統合しようとする試みに注目したものでした。当初、これらのアプローチは、視線・可視領域操作を含む可視性・相互可視性の研究にもとづく、景観の中における個人の知覚と認知について言及しようとした（例えば、Gaffney et al. 1995; Lock and Harris 1996）。これは、考古学の関心につながる新しい技術、累積可視領域分析の開発につながりました（Wheatley 1995）。

1.3 現状の課題と検討事項

1.3.1 理論

近年の論考は、「意味」は景観の中に文化的に埋め込まれており（Tilley 1994）、単にモニュメントと場所の間の内部可視性を特定するだけでは説明が成り立たないことを指摘しています。「意味」は、GIS のような純粋な定量的ツールでは到達できない、多面的で定性的な尺度を指します。これはまさに、データ駆動型ではなく理論駆動型の技術の適用を主張するものであり、そこには 2 つの大きく異なるアプローチがあります。Llobera (1996) は、景観および空間の人間化に関する社会理論の中に埋め込まれた形式的な方法を導入する、ラスター環境の新しい操作方法によって、景観の地形と認知のさまざまな指標を形式化しようと試みました。他の研究では、おおむね同じ理論に根差しながらも（Gillings and Goodrick 1996）、バーチャルリアリティ・モデリングを GIS と統合するより現象学的なアプローチを提案し、経験的な分析を通して地域に関与することの重要性が強調されています。

1.3.2 テクノロジー

特筆すべきいくつかのテーマは、個別的な応用の事例研究よりも、GIS の技術の応用と機能性に関するものです。同時に 3 次元 GIS は、考古学の分野ではそれほど取り上げられていない分野ですが、Castleford (1992) による考古学、時間、GIS に関する先行研究は今でも重要であり、Harris and Lock (1996) は、発掘データの時空間モデル化のためにボクセルデータ構造を利用する完全に機能的な 3 次元 GIS の可能性を示しています。他のトピックとしては、代替データ構造（Ruggles 1992）、認識面・エフォート面・時間面の重要性（Stead 1995）、生態学的変化モデリング（Verhagen 1996; Gillings 1995）、ニューラルネットワークの可能性（Claxton 1995）などが関心の対象となっています。

1.3.3 遺跡内調査

発掘調査の記録と処理には CAD がかなり使われていますが、GIS はほとんど適用されていません。Powlesland は、Arroyo-Bishop (Arroyo-Bishop and Lantada Zarzosa 1995)

と同様に、長年にわたって遺跡現地での統合的なデジタル記録と分析において第一人者であり、自身のソフトウェアを開発しました（Lyall and Powlesland 1996）。一方、Biswell ら (1995) は、一連の遺跡内空間分析を用いて明確に CAD とは異なる GIS の可能性を示しましたが、同時に、既存の作業慣行に GIS を統合することに関する民間考古学調査（商業考古学）の深刻な限界についても論じています。

セクション 2. GIS データの作成と使用

2.1 データの種類: ベクターモデルとラスターモデル

空間データのわかりやすい定義は、「地球表面上のフィーチャー（地物）の分布を表現した情報」です。実質的には、地理的特徴の位置、形状、およびそれらの関係についてのあらゆる情報を指します（Walker 1993; DeMers 1997）。考古学では、大陸規模の範囲における遺跡の相対的な位置から、発掘された状態における個々の遺物の位置に至るまで、さまざまな規模の空間データを、日常的に膨大な量を扱っています。本セクションの前半では、GIS データベース内に一般的な空間データを組み込む際に考慮すべき最も重要な問題を示し、GIS データベース内の空間データの取得・統合に関する特有の問題についての簡単な批評を紹介します。投影、精度、正確度、尺度などの一般的な問題を取り上げ、その後、対象資料固有の問題について検討します。全体を通して、さまざまなデータに関する情報を注意深く記録することの重要性を示します。

普及している GIS には、ベクターとラスターと呼ばれる 2 つのデータの種類があります。これらは、対象の空間的な位置を概念化・保存・表現する方法が異なります。

考古学における主な GIS の適用は、2 次元モデル、もしくはせいぜい 2.5 次元の表現に限られていることに留意してください。後者は現在利用可能な分析・表示ツールが実際の 3 次元データを適切に扱うことができないが故の結果です。それを受け、ここでは、2 次元および 2.5 次元空間の表現の統合、管理、分析、アーカイブの問題のみに触れることとします。

2.1.1 ベクターモデル

ベクターモデルでは、フィーチャー（地物）の空間的位置は、基本的に座標の組み合わせで定義されます。これは、ポイント（単点）型の離散的なもの（ポイントまたはノード（結節点）データ）、離散的なライン（直線）を形作るもの（アーチ（円弧）またはラインデータ）、ある範囲を構成する閉じた境界線の組み合わせ（エリア（範囲）またはポリゴン（多角形）データ）のいずれかです。個々の空間フィーチャーに付属する属性データは外部データベースで管理されます。

ベクターデータを扱う上で重要な概念はトポロジ（位相関係）です。トポロジは、幾何学から派生したもので、直線的に計測される距離だけでなく、順列、連続性、相対的な位置などの関係を含むものです。トポロジマップの好例として、ロンドンの地下鉄路線図があります。よく知られているこの地図は、駅（ポイントまたはノード）とそれらをつなぐ組み合わせ経路（円弧またはライン）を、それぞれの接続性・関係性の点では高精度で表していますが、実際の駅間距離は反映されておらず相対的な位置関係を近似的に示しているに過ぎません。

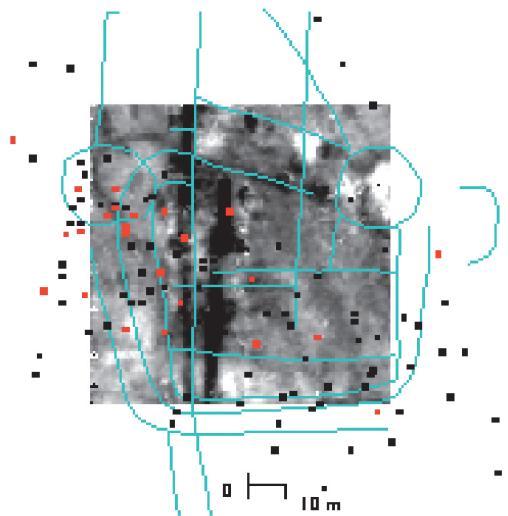


図1：ベクターデータとラスターデータ：ラスター背景として表示されたコッタム・プロジェクト (Cottam Project) の地球物理探査データのラスターを背景として、空中写真の判読（青いラインデータ）、コイン（赤いポイントデータ）、金属製品（黒いポイントデータ）の位置を重ねている。Julian Richards 監修のコッタム・プロジェクトのデータをもとに Peter Halls が作成した図。（著作権 ©Archeology Data Service）

トポロジは、例えば2点間の最適経路を見つけるためには、(2点間を)つなぐアーチまたはラインのリストと、各方向の移動コストだけが必要とされるように、座標位置情報がなくてもトポロジ情報のみにより空間モデリング操作ができるので非常に便利です。また、ArcMap や MapInfo などの GIS では幾何学的データを直接処理でき、または必要に応じてその場(オンザフライ)でトポロジを作成できるので、予め保存したトポロジを使用せずに同じ空間モデリングや調査プロセスを実行することも可能です。後者は、他の大手の GIS サプライヤの中でもインターグラフ (Intergraph) 社が採用しているアプローチです。

ベクターモデルについての詳細な説明は Aronoff (1989) および Burrough (1986) を参照してください。

ベクターファイルに関して記録すべき重要な情報

ベクターデータを組み立て、編集、利用する際には以下の情報を常に記録する必要があります。

- ・データの種類：ポイント、ライン、ポリゴン
- ・ファイルに含まれるトポロジの種類（ライン、ネットワーク、クローズドエリア（閉合領域）、アーカノード（円弧結節点）など）
- ・テーマに沿って適用した自動ベクター処理の詳細（再近隣結節点へのスナップ：snap-to-nearest node など）
- ・ファイル内のトポロジの状態。特に、トポロジとして一貫性がある「クリーン」な状態かどうか、そして追加の介入や処理の必要な不整合があるかどうかの確認
- ・投影システム
- ・座標系

2.1.2 ラスター モデル

ラスター データでは、対象の空間表現とそれに関する非空間属性が一つのデータファイルに統合されています。対象と

なる領域は、グリッド区画の細かいメッシュ、または行列で区画されており、各グリッド区画の中心（代表点）の地上の分析対象の属性値（訳注：標高、植生、人口など）が、そのセルの値として記録されます。ラスター データには、個別のセルに複数の属性を割り当てるできるものもありますが、多くの場合は一セルに一属性を厳密に割り与えることに注意してください。

このモデルでは、空間データは連続量ではなく、離散的な単位に分割されます。個々の区画の空間内における位置は、グリッド全体の行列の中の位置として参照されます。グリッド全体の相対的な空間配置を固定する、つまりジオリファレンスするために、四隅には平面座標が割り当てられます。重要なのはグリッド区画の大きさ（スケール）であり、グリッド解像度と呼ばれています。解像度が細かくなればなるほどラスター表現はより詳細になり、実際の地上の状態により近いものになるでしょう。

ベクターモデルとは異なりトポロジがないので、ラスター モデルは個々の地物を記録するのではなく、代わりに一定の空間における属性の状態・挙動を記録することになります。ラスター データの詳細な説明は、Aronoff (1989) および Burrough (1986) を参照してください。

ラスター ファイルに関して記録すべき重要な情報

ラスター データを組み立て、編集、利用する際には、以下の情報を常に記録する必要があります。

- ・グリッドサイズ（行列数）
- ・グリッド解像度
- ・ジオリファレンス情報（頂点座標、投影ソースなど）

2.1.3 空間データベースのベクトル / ラスター / 組み合わせ形式の選択

空間データベースにおいて、ベクター、ラスター、または両者の組み合わせのいずれの形式を使用するかは、使用中の GIS ソフトウェアとどのような種類のデータを操作することができるかによって決まります。

ベクターモデルのデータ管理と操作の手法は、離散的なポイント、有限の境界線、整列した線形フィーチャーなどに関する情報を扱うことに優れています。したがってベクターモデルは、発掘調査区の平面記録を保存したり、操作するためには使われるでしょう。

ラスター モデルのデータ管理と操作の手法は、標高（後述の「数値標高モデル」を参照）、植生などの連続量を扱うことに優れています。またラスターは、地中物理探査や航空写真、その他のリモートセンシングや非破壊調査による情報を扱う際に使われるデジタル形式でもあります。

2種類のデータを併用する必要がある場合は、両者を操作できる GIS が必要です。さまざまな資料から情報を組み合わせて統合する際には、以下の点に留意する必要があります。

- ・すべての空間データは、同じ座標系で記録されていなければなりません。他の座標系で記録されているデータは、同一の座標系に変換・投影する必要があります。
- ・すべての空間データは、同じ空間分解能、そして同じ縮尺でなければなりません。たとえば 1:250 で記録され

た発掘現場の平面図と、1:250000の縮尺で記録された道路地図を組み合わせても、意味のある結果は得られません。前者では1mmが250m、後者では25cmに対応します。1:10000より大きい縮尺で記録された空間データは、フィーチャー間の衝突が起こらないようにジェネラライズ（集約・単純化・スムージングなど）を行います。これは特に、大縮尺の紙地図を使用する際に当たります。

- ・結合、統合する非空間情報は、同じフィールド定義、エンコード方式等を使用しなければなりません。異なるスキームが使用されている場合、データを同一のスキームに変換する必要があるでしょう。

2.1.4 レイヤーとテーマ

レイヤーとテーマという用語は、考古学者・GISの実務家を含む、多くの人にはほぼ同じ意味で使用されています。しかし、一部のソフトウェア・サプライヤや、CAD(Computer Aided Design)などの特定分野では、異なる意味で扱われています。本ガイドでは、以下のように使用します。テーマとは、「土器・陶器」や「鉄器時代遺跡」などオブジェクトのグループを指します。レイヤーとは、テーマの下位の特定のオブジェクトのグループで、例えばスタンフォード陶器(Stamford ware: イングランドの中世の鉛釉陶器)は「陶器」テーマの下位に位置づけられるレイヤー、ヒルフォートは「鉄器時代遺跡」テーマの下位に位置づけられます。混乱を避けるためには、テーマやレイヤーの名称は、記述的で曖昧さを回避した表現を使ってください。

テーマとレイヤーを用いる目的は、表示と記載のいずれかまたは両方の観点から、類似した性質を持つ対象をまとめる枠組みを提供することです。したがって、さまざまな鉄器時代遺跡の種類は、表示方法（ラインやポイント）と、その性質や用途（景観の中における鉄器時代集落の立地選択）の2つの観点からまとめることができるでしょう。同様に、発掘された陶器のデータベースは、個々の資料の出土地点、あるいは一定のグループごとのポイントの集合として設定することができます。

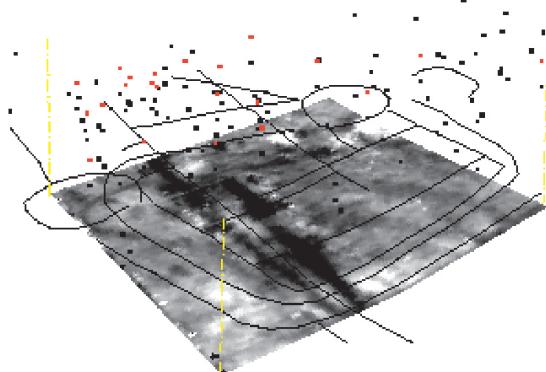


図2：レイヤーとテーマ - Julian Richards 監修のコッタム・プロジェクトのデータを使用して Peter Halls が作成した図。(著作権 ©Archeology Data Service)。コッタム・プロジェクト GIS の2つのレイヤー（赤：コイン発見地点、黒：金属製品発見地点）が結合されて「金属製品」テーマとして表示されています。この画像には、他にも「空中写真判読」（ラインデータ）、「地中物理探査データ」（ラスターイメージ）の2つのテーマが描画されています。

2.2 精度と正確度、縮尺、解像度

2.2.1 精度と正確度

空間データソースを取り込む際には、精度と正確度の問題を考慮することが非常に重要になります。

「精度とは、属性の測定結果のばらつきが小さくなるように良く調整されていることを意味し、正確度とは、実施された測定が既定の精度の範囲内に正しくあることを意味する」(Richards and Ryan 1985: 20)。

これについて、縮尺1:2500のベースマップから取得した基準点に基づいて、トータルステーションを使用して実施された詳細な地形調査の例を見てみましょう。これは、非常に精度の高い方法を用いて、非常に不正確なデータを利用する例となります。これは、ソースデータ、すなわち地図から取得した基準地点が、採用する方法の精度を保証するのに十分な正確性を有していないからです。要するに、正確性は結果の正しさに関連していますが、精度は基本的に使用する縮尺・単位に依存します。

余談ですが、このような精度や正確性の問題は、言及される座標の正確性が一般的に1センチ未満から±50メートル以上まで多様なGPSの利用においてはとくに重要です。地球表面上の位置によって異なりますが、(60進法による)1秒は約30メートルに相当し、10進法では0.000277778(度)として表されます。したがって、典型的なGPSの10進法での読み取り値は、例えば52.005Nという読み取り値が指示示すのは(有効桁数から)約500メートルの範囲内のどこかとなり、一般的なGPSの誤差率はわずか±50メートルほどになります。(訳注：十進法0.005度の読み値は約18秒に相当し、それ未満は計測不能と扱われるため。これが52.0050であれば0.36秒相当=誤算範囲11mとなる)

コンピュータを基盤とするGISによる座標は、明確に正しいのではないかと信じてしまう傾向があります。しかし、正確さは元となるデータソースを超えることはなく、データ取得時に生じる誤差はデータセットを使い続ける限り存続するものとなります。

2.2.2 縮尺と解像度

縮尺とは、地上で測定された2点間の距離に対する、地図上に表された対応する2点間の距離の割合です。例えば、縮尺が1:50000と表示されている場合、地図上の距離が1cmであれば、地上の距離は50000cm (= 500m)となります。地図の縮尺の大きさの違いはよく混同されます。比率が大きいほど、地図の縮尺は小さくなります。したがって、世界地図は非常に小さな縮尺（小縮尺地図）であるのに対し、町の中心部の地図は大縮尺です。

解像度とは、特定の縮尺の地図上で有効に識別できる最小の距離のことで、例えば、1:10000の縮尺の地図では、識別可能な最小の距離は0.5mmであり、これは地上の5mの距離に相当します。地図の正確性は解像度よりも優れていることはなく、むしろ劣っていることが多いことに注意が必要です。

大縮尺地図ほど、高解像度にできます。縮尺が小さくなるほど、空間フィーチャーの表現は単純化され縮小の度合いが

大きくなるため、データソースの縮尺に注意する必要があります。小縮尺の地図では、解像度が低下しフィーチャーの境界は平滑化、簡略化されるか、または表示されなくなります。この過程は単純化（ジェネラライズ）と呼ばれています。具体例を挙げると、1:5000 の縮尺で作成されたギリシャの農村地域の地図では、村や町は個々の建物が分かれて表示される領域として表現されますが1:500000 の縮尺では単なる点として描かれるでしょう。

また、座標系のユーザビリティは、既定の解像度の関数であることに注意する必要があります。例えば、イギリスでは、広く使われている6桁のOSGB (Ordnance Survey of Great Britain: 英国陸地測量システム) グリッド番号は、(6桁の数値の前に記されるアルファベット2字が示す) 100kmグリッドの範囲内でのみ有効です。同じ6桁のグリッド番号は、100キロメートルのグリッド（単位方眼）ごとに繰り返されます。またOSGB英国地理グリッド自体はメートル単位（または10進数で示される場合はメートル以下の単位）の近似値をサポートしているにも関わらず、その解像度はキロメートル単位の近似値としてしか示すことができません。

さまざまなソースからの空間データセットが統合され、空間分解能を自由に変更できるGISでは、このような解像度に関する問題を認識し、データソースよりも大きな縮尺で空間情報を分析しないことが非常に重要です（説明は DeMers 1997: 56 を参照）。

2.3 属性データとデータベース

GISで蓄積され操作される情報は、一般的に、**空間属性**と**記述属性**という2つの要素からなります。多くのユーザーにとって、使用する多くのソフトウェア上では、これら2つのデータの種類は連続的で切り離せないもののように見えるかもしれません。しかし、データ管理上の問題の中には空間データと属性データのどちらかを使用しているかにより生じるものがあり、また両者に共通する全体的な問題もあります。

属性とは、GISの記録におけるポイント、ライン、ポリゴンなどのプロパティを記述するデータです。例として、景観の中における複数の遺跡をポイントで表現するGISのカバレッジ（訳注：地物の位置データと属性データを含むジオリレーションナル・モデル）を想定してみましょう。このカバレッジに付随する属性データは、各遺跡の詳細情報を記録するものです。属性情報には、遺跡の居住期間（例えば、新石器時代、鉄器時代、中世）、各遺跡から発掘された考古学資料の説明、および各遺跡の地表で発見された遺物の種類などが含まれるかもしれません。

考古学的な属性データはすでに無数の形式で存在しています。これらのデータは、例えば英国考古学評議会（Council for British Archaeology）のガイドラインに基づいて実施された墓地調査の結果などの単純な帳票インデックスから、詳細情報を多数記録した複雑なデジタル・データベースまで多岐にわたっています。このようなデータベースには、国や郡内のすべての遺跡に関する記載や、あるいは層序記録のような非常に詳細な個別遺跡ごとの情報が含まれています。考古学においてコンピュータの利用が増大するにつれ、情報の多様性は増加する傾向にあります。

考古学GISでは、他の専門家が収集した属性情報を関連付けたり組み合わせたりして、その情報を新たな目的に活用することが多いでしょう。

2.3.1 属性データの一般的なソース

以下は、あなたが目にすることがあり、また再利用ようと考えるかもしれない属性データのソースです。

- ・紙による帳票インデックス
- ・遺跡調査、分布調査のアーカイブ（紙ベースの記録や出土品データベース含む）
- ・定性的な、報告書のテキスト、および雑誌掲載論文（紙ベースまたはインターネット上のもの）
- ・マイクロフィッシュアーカイブ
- ・地中探査データのプロットから導き出された解析データ
- ・航空写真判読データ（形態学的分析、属性データ、写真ソース情報を含む）
- ・型式学データベースまたは遺物型式分類
- ・大規模な統合的歴史景観研究のために地域レベルで作成されたデータ
- ・地方レベルの考古学データベース（例：「遺跡・記念物レコード（SMR）」または別に作成されている「都市考古学データベース」）
- ・地方博物館のウェブサイトと出土品データベース
- ・地方記録局
- ・国レベルの考古学データベース（例：多様な国記念物レコードやイングリッシュ・ヘリテージ登録記念物データベースなど）
- ・ガーデン・トラスト（庭園保護基金）調査
- ・地方自治体が管理する歴史的建造物調査とデータベース
- ・各データセットに関するメタデータ

2.3.2 新しい属性データベースの設計

既存の属性データを使用している場合でも、または新しい情報を収集している場合でも、新しい属性データベースの設計について慎重に考える必要があります。この複雑な課題についての文献は多く、1000の博士論文研究が行われた文字通りのトピックです。基本的情報の優れたソースは、Batiniら (1992)、Date (1995)、Ryan and Smith (1995)、および Whittington (1988) にあります。

考古学者は、記念物インベントリデータ標準規格（the Monument Inventory Data Standard）MIDAS Heritage [1] も知っておく必要があります。この標準規格は、考古学情報を管理するための新しい属性データベースを構築する人や、考古学の属性データベースの作成維持に従事してきた人向けに作られています。

データベース構造の基本的な種類

データベース・システムは、データの保存、分析、報告のための効率的なツールでなければなりません。そのため、プロジェクトで使用するデータベース・パッケージとデータ構造は、各組織や各プロジェクトの要件に応じて選択する必要があります。個々のソフトウェアパッケージの長所と短所を論じることは本ガイドの目的ではありません。代わりに、データベースにおけるデータモデルの種類について簡単な概要を紹介します。

データ構造は現在、フラット・ファイル、階層型、リレー

ショナル、オブジェクト指向という4つのタイプに分類されています。これらについての詳細な説明は、「空間情報システムの基礎：Fundamentals of Spatial Information Systems」(Laurini and Thompson 1996)にあり、オブジェクト指向データベースについては620-38ページに記載されています。

フラットファイルデータ構造

最も単純なデータ構造では、データは並列する横方向の行に並べられ、属性は縦方向の列に保存されます。1つの行に、データベース上の1つのエントリ（オブジェクト）の全ての属性が入っています。データベース上の多くのオブジェクトが同じ属性を持っている場合、繰り返し入力しなければならず、データの冗長性や空フィールドが発生することがよくあります。一般的な例として、帳票インデックスがあります。

階層型データ構造

階層型データ構造は、リンクしている親と子のレコードの関係性を表したツリー構造にデータベース内のオブジェクトを配置するもので、考古学でも有効に活用されています。このデータ構造は、歴史的環境を「記念物の中の記念物」に分類しモデル化するために使用することができ、階層を越えた柔軟な検索を可能にします。このデータベース構造は、大量のデータを含み、効率的で迅速な検索を必要とするHERsや国レベルのデータベースのような文化資源管理環境でよく使われています。

リレーションナルデータ構造

現在、最も一般的に使われているデータベースのタイプは、リレーションナルデータ・モデルに基づくものです。小さなフラットファイル・データベースのような一連の複数のテーブル（表）について、異なるデータセット間の複雑なクエリ操作を可能にするために個別の一意のフィールド相互にリンクやリレーションを設定することで、リレーションナル構造の基本が作られます。例えば一つのテーブルは土器型式、別のテーブルは出土状況、三つめは理科学的年代が入力されているとして、そこに簡易な構造のクエリを設定することで土器型式または理科学的年代にもとづく編年を構築することが可能になります。

オブジェクト指向データ構造

最新のデータ構造であるオブジェクト指向アプローチを使用したGISパッケージは、現在のところ限られています（例：Smallworld）。リレーションナルデータ構造ではオブジェクトの記述を单一の行に分解し、複数の行を、属性の類似性でグループ化した別個だがリンクされた複数のテーブルに保持して扱うのに対して、オブジェクト指向データ構造アプローチでは、1つのオブジェクト（例えば記念物）の記述属性をデジタル的にカプセル化することを可能にし、より実際的な「現実世界」モデルを構築することができます。オブジェクトの地理的位置は、機能、年代、存在期間など、オブジェクトの他の特徴と同じものとして扱われます。

2.3.3 柔軟な属性データベースを構成し、整理する際に考慮すべき問題

柔軟な属性データベースを構造化し、整理するとき、以下の要件が非常に重要になります。以下に順番に確認しましょう。

- ・命名規則
- ・キーフィールド

- ・文字フィールドの定義
- ・グリッド参照
- ・検証
- ・数値データ
- ・データ入力制御
- ・信頼性
- ・一貫性
- ・日付
- ・ドキュメンテーション

命名規則

フィールド名は暗号的なものにせず、説明的なものにしてください。難解な名前を解読するためのメモは紛失しやすいですし、そのフィールドは内容全体を簡単に覚えられないほど膨大なものになる可能性があります。また、一部のGIS（特にArcMap）ではフィールド名の文字数に制限があるため、切り捨てが起こる可能性があることに注意してください。

キーフィールド

キーフィールドは、属性データベースの中で最も重要なフィールドであり、データベースの一次検索やデータベース内のテーブルのリンクに使用されます。データベース内のキーフィールドのすべてのインスタンスに同じデータ定義を使用し、同じコードを使用することが基本です。

文字フィールドの定義

文字フィールドの定義には注意が必要です。ほとんどのデータベースでは、文字データは固定長で保存する必要があります。そのため、大多数のレコードには必要でないとしても、予想される最大の文字数のために十分な余裕を見ておかなければならぬことになります。例えば、モンマス（Monmouth）という名前がデータセットの中で最長（8文字）の場合、Llanvihangel-Ystern-Llewernというモンマスシャー州で最も長い名前（27文字）を格納するデータ長を地名フィールドに定義しても意味がありません。

グリッド参照

GISへの移行や、適切な地図投影への変換を容易にするために、グリッド参照を適切な表記法で保存してください（例えば、イギリスの国家グリッドは、一般的に英数字の属性として1つの列に格納されており、GIS上でポイントをマッピングする前にいくつかの処理を必要とします。またSP5634467833を456344/267833とするような2つの数値列による表記がより適切かもしれません）。

検証

属性データベースのどのフィールドに入力されたデータが有意であるかを確認する習慣を付けましょう。例えば、「0」（ゼロ）の代わりに「0」（オー）という文字を入力していないかを確認してください。さらに、数値が範囲内にあるか、例えばタイピングの際指が滑って、ノルマン朝期の遺跡（年代）が1066ではなく2066にならないかを確認することも重要です。入力したデータを他の人に検証（チェック）してもらうと、タイピングミスを発見しやすくなります。データ入力ツールで検証チェックを定義できる場合は、ぜひそれを使用してください。しかし、スペルミスと同様に、入力ミスをすべて検出できるわけではないことを覚えておいてください。

数値データ

数値データがある場合、テキストフィールドではなく数値フィールドを使用するべきです。これには3つの利点があります。一つ目は、数字の0（ゼロ）と文字の0のような紛らわしい間違いは、数値フィールドに保存することはできません。二つ目は、多くのコンピュータベースのデータベースでは、数値情報はテキストよりも効率的に保存され、占有スペースが少くなります。これは、GISデータセットを、無駄なく意味のあるものにすることです。三つ目は、データが数値形式で格納されている場合、データは算術演算子を使用して計算することが容易になります。

数値データを使用する場合は、適切な数値型（整数型または浮動小数点型）を用いるべきであることにも注意してください。整数型は整数を格納するために使用され、浮動小数点型は、小数点以下の部分がある（または可能性がある）数値を格納するのに使用されます。

データ入力制御

可能であれば、入力ミスを最小限に抑え、自由（コントロールされていない）記述を制限できるように、辞書やシソーラスを使用するように設定するべきであり、実際のオブジェクトの記載に使用される用語が正確かつ一貫するようにしてください。既存の適切なプロジェクトのデータ標準（例：RCHME/ イングリッシュ・ヘリテージ都市考古学データベースデータ標準）に従ってください。プロジェクトのデータ標準が存在しない場合、デジタルアーカイブの標準に従ってください。あなたのデータが将来も有用でアクセスしやすいリソースであり続けるにはホームが必要になると、同じような時間または空間的解像度をもつ他のデータセットとの互換性を保証するのはあなたの責任であることを覚えておきましょう。

信頼値

これは、属性データベースのエントリに関連付けられた確実性の程度を示します。例えば、オブジェクトの位置、識別、年代などがどの程度正確であるかです。この情報を常に維持更新することは非常に良い取り組みです。

一貫性

属性データ記録に用いるコードが一貫していることを確認してください。一貫性を確保するのは、データ入力が複数人で行われている場合や、データ入力が時間をかけて少しずつ行われている場合は特に困難になります。シソーラスや文書化の標準を用いることで、データベース内、またはほかのデータベースとの間で一貫性を確保しやすくなります。

日付

カレンダーの日付は、さまざまなソフトウェアパッケージに転送する際の重要なデータの損失を避けるために、文字フィールドタイプではなく、日付フィールドタイプに記録してください。互換性のないフィールドタイプによってデータが失われる恐れがある場合も、ソフトウェアによっては警告が表示されない場合もあるので注意してください。

ドキュメンテーション

最も重要なことは、データベースを整理し、情報を入力した方法を文書化することです。この作業は遡及的に行うこと

は困難なため、データが作成された時点で、ソース固有の情報として記録することが不可欠です。ソースデータはどこから作られたのか、どのような規模で作られたのか、他の作業者が作成したものである場合はどのように入手したのか、また第三者がそのデータを使用する際の著作権上の制限はどのようなものなのか。どの程度の精度が認められ、デジタル化などの間にどのようなエラーが発生したのか。どのようなデータ標準に準拠していたか（更新した場合は可能であれば日付を記入）、どのような命名規則が採用されているのか、などです。

2.3.4 属性データベースの結合と統合

データ標準

データベース統合の成功は、データ標準が実装されているかどうかに依拠します。これらは、専門家全体に承認され、広く互換性のあるデータベースとデジタルアーカイブの国レベルのネットワークに実装されることで、考古学者のための共通参照フレーム作成の促進を目指すものです。

MDA考古学オブジェクト・シソーラス (MDA 1998) やドキュメンテーション国際委員会 (CIDOC) が作成した「博物館資料情報の国際ガイドライン」などのポータブルなものから、「SMRのためのドラフトデータ標準」や「建築物、記念物、建築材料に関するRCHMEシソーラス改訂版」まで、考古学分野の中核となるデータ標準が多数定義されています。「MIDASヘリテージ」も有用なリソースです。専門分野以外でも、英国の郵便番号 (BS7666) や国家の国際命名規則 (ISO3166) といったデータセットに不可欠な標準が設定されています。

外部データベースからのデータ統合における基本的なプロセスは、互換性のあるフィールド構造に依存します。このことは、統合プロセス中にデータが失われるのを避けるために、ソースと統合先の両方のデータベースの対応するフィールドが互換性のある型（整数、浮動小数点、日付、適切な長さの文字フィールドなど）でなければならないことを意味しています。

特定のデータベースのいくつかの機能 (DBASEのメモフィールド) は、他のシステムにエクスポートするのが難しく、その損失を避けるために専門家のアドバイスが必要な場合があります。新しいデータには、コンピュータのオペレータがデジタルで日付スタンプを押し、そのソースと所有権の記録を保持する必要があります。

紙の記録の統合

データを文書から抽出し、既存のデータベースに手入力することもできますし、また市販の光学式文字読み取り (OCRソフト) を使用して報告書全体を素早く取り込むこともできます。このようなツールによりスキャンしたテキストをデジタル変換し、さまざまな文書形式に保存することができます。文字判別は決して100%正しいということではなく、(スキャンした後に) 使用前のスペルチェックと校正が必要になりますが、この方法は、特に印刷された表データを取り込む場合には、時間を大幅に節約します。紙記録の統合には何らかの手入力が必要なことがあります、多くの場合、かなりの時間をかけて複数の人が関与することになります。その際には、既存の基準やガイドラインを遵守することが重要です。この

のようなプロセスでは、非常に記述的な情報がデータベースの個別のフィールド構造に分解されることが多く、ソースとなるデータセットの品質に直接影響を与える決定が必要となります。結果として作成されるデータベースを確実に利用できるようにするために、そのような決定を記録し、プロセス全体を通じて一貫性を確保することが重要です。

[1] [http://www.english-heritage.org.uk/professional/archives-and-collections/nmr/heritage-data/midas-heritage/\(*](http://www.english-heritage.org.uk/professional/archives-and-collections/nmr/heritage-data/midas-heritage/(*)

2.4 投影と座標系

ある時点で、さまざまな成果をまとめて、または何か新しい文脈の中で研究するために、異なるプロジェクトに由来する情報を統合する必要があります。その際に投影と座標系は考慮すべき課題となります。位置情報の正確な記録と、後で利用するために取り出すことが、衛星航法装置 (GPS/GNSS) の利用が普及したことで、投影は、ますます重要なになってきています。座標系は、位置を特定する手段として非常に重要です。本章では、投影と座標系に関するトピックを紹介することを目指しますが、本章のテキストだけでなく、参照する文献には優れたものが多いので、必要な詳細事項については是非そちらを参照ください。

2.4.1 投影が必要な理由

私たちの惑星地球は、実際には球体ではありませんが、衛星測位システムが行っているように、球体とみなして扱うことが最も一般的です。仮に地球が完全な球体であったとしても、それは紙のノートや出版物上では扱うことがかなり不便な形です。(平面の) 紙地図を、ボールや曲がった板の上に貼りつけることを想像してみてください！残念ながら、球体の表面を正確かつ完全に他の形状に面的に表現することはできません。例えば、オレンジの皮をむいたときに、皮は元のオレンジの形に戻す場合にしかつながりません（ひとつづきの平面に展開することはできない）。球体の表面を別の面に描画する過程は、球体の中に光源を置いて、スクリーンのように対象にむかってイメージとして投影することに例えられます。その実際は教科書で取り扱われますが、そこには必ず歪み (ディストーション) が含まれ、投影された結果は球体の表面とは一致しないので、その意味を理解しておかなければならないでしょう。

さらに複雑な問題もあります。地球は球体でないだけでなく、正規的な幾何学的形状でもありません。両極と海上では平らですが、赤道と大陸上では膨らみがあります。地球の形状は楕円体や楕円球体として扱われることがありますが、最も一般的に使用される用語は、単に地球の形を意味する「ジオイド」です。結果として、地球の表面の異なる場所ごとに異なる解決策が必要になるため多数の選択肢が残り、単一の美しい解決策などありません。残念なことに、ある目的や場所に対して間違った投影法を選択すると、非常に深刻な結果がもたらされるでしょう。

3次元事象の表現または平面の表現には、形状、縮尺、方向、範囲という4つの主要な特徴があります。これらは投影の特徴でもあります、ソースがジオイドの曲面から変換されたものであるため、ジオイドそのものを除き、4つの特徴

すべてを維持することは不可能です。これらの特徴のうち1つまたはそれ以上が失われることは、地球表面の忠実な再現と、紙やコンピュータの画面上での平面的な再現との間でなんらかの妥協をすることを意味します。このため、目的に応じてさまざまな投影法があるのです。

2.4.2 投影のプロパティとタイプ

投影の方式には4つのクラスがあり、投影の種類には3つのクラスがあります。つまり理論的には、4クラスの投影方式に対して最大3つの投影の種類の組み合わせがあり得るのですが、実際にはあまり使わないものもあります。本ガイドでは、最も一般的な投影法だけを紹介します。その他の投影法については、他の文献を参照してください。

正角図法

正角図法では形状が維持されます。しかし、座標系が直交座標系の場合は面積が歪むので、地表面での限られた範囲でのみ形状を維持することができ、地域または地球規模で形状を維持することはできません。

正積図法

正積図法では、表示する範囲の地球表面の面積が維持されますが、形状と、場合によっては角度や縮尺に歪みが生じます。地球表面上の非常に小さな地域では、形状の歪みは測定できない程度になるかもしれません。正積図法の中には、直交座標系を使用できないものもあります。

正距図法

正距図法では所定の2点間の正確な距離を保持しますが、しかし他のすべての投影法と同様に、地図上のすべての地点間の真の距離を維持することはできません。

方位図法

方位図法では、表示されているすべての点間の方位を維持するので、正方位図法と呼ばれることもあります。方位図法は、通常航海に用いる地図に使用されます。

円錐図法

円錐図法は、円錐形の紙を地球上に置いて投影するものです。円錐が1つの円に沿って地球表面に接するだけの円錐図法は1つの基準緯線をもち、地表面と交差する場合は2つの標準緯線をもちます。最もシンプルな円錐図法は両極を基準とする極円錐図法で、それ以外は斜軸図法です。円錐図法では、経線（経度線）は円錐の頂点で交わり、緯線（緯度線）は互いに平行ですが、必ずしも等間隔である必要はありません。円錐は通常、中央子午線の反対側の線に沿って開くことができます。円錐図法は極地エリアで使用されることがありますが、東西に広い水平方向の範囲を示すことにもより頻繁に使用されます。ランベルト正角円錐図法は、米国では航空図によく使用されます。

円筒図法

円筒図法は、地球の周りを円筒形に覆う一枚の紙としてイメージすることができます。円筒図法では、子午線はすべて平行で等間隔であり、緯線は子午線と垂直に交差しますが必ずしも等間隔ではありません。通常の円筒図法では、紙は赤道に接して巻き付けられ、両極側が開いている状態です。横軸円筒図法では、紙は両極を通る子午線に接して巻き付けら

れ、赤道上で二側面が開いている状態になります。よく知られているメルカトル図法は円筒図法であり、横メルカトル図法は横軸円筒図法です。1936年に導入された英國全國地図座標システムは、米国で広く使用されているUTM（ユニバーサル横メルカトル図法）、ヨーロッパ本土で広く使用されているガウス正角図法またはガウス・クリューゲル図法と同じく、横メルカトル図法です。英國の初期のカウンティ（郡）地図作成に使われたカッシーニ図法も、横円筒図法であり、東西方向の範囲が限定されている一方、南北方向の範囲が広い領域の地図化に適しています。

平面図法

平面図法では平らな紙を地球表面に接して配置、投影するもので、接地点が両極にある「極形式」、赤道にある「赤道形式」、またはそれ以外の「斜角形式」があります。極形式は、極地域の地図によく使用されている正方位図法です。

地理的投影

文献では、いまだに地理的投影（地理座標）という概念が参照されることがあります、実際にはこれは投影法ではありません。地理的投影では、地球表面上の位置は、地球の中心からの角度を基準として、赤道からの緯度を緯度、および基準子午線からの角度を経度とする球面座標で表されます。基準子午線、本初子午線、子午線、0度は、グリニッジ子午線に一致するように設定されています。通常、地理的投影はジオイドに関連付けられない（理想的な球体）ため、距離や面積の測定はできませんが、方向を推定することは可能です。WGS84回転楕円体に関連付けられている場合、地理的投影は衛星航法システムで使用される測位系に対応します。

2.4.3 座標系

座標系は、地図上の任意のフィーチャーの位置を、その地図の表現に基づいて伝える手段です。最も一般的に使用されているものは、デカルトの名にちなんで「デカルト座標系」と呼ばれ、グラフまたはチェス盤のように互いに直交する2つまたは3つの軸に対して規則的なグリッドで構成されています。チェス盤のような文字と数字の組み合わせ、グラフのような原点から増減する数値など、さまざまなデカルト座標系があります。デカルト座標系では必ずしも各軸で同じ単位や単位間隔を使用する必要はありませんが、水平軸で異なる単位または間隔を使用すると、地図、平面図を読む人に混乱を招く可能性があるでしょう。投影と座標系の選択がエンターユーザーに与える影響については、Monmonier（1996）によって論じられています。

デカルト座標系

多くの人に馴染みがあり、考古学遺跡のグリッド・システムにも使用されている、互いに直交する軸に沿った一連の値からなる座標系です。通常、基準単位は、英國全國地図座標と同様にメートルですが、米国ではフィートが使用されています。

球座標系

これは、球の中心に対する角度と、本初子午線に対する角度によって示されるものです。南西ロンドンのグリニッジを通り、1851年に天文学者のサー・ジョージ・エアリーによって計測された「グリニッジ子午線」は、1884年に国際的に採用されました。最近では、衛星航法システムで使用するこ

とを目的とし、衛星観測による測定に基づく国際地球回転体リファレンスシステム（International Earth Rotation and Reference Systems）子午線、またはIERS基準子午線（IRM）が作成されました。IRMは、エアリーによるグリニッジ子午線のやや東に位置します。

その他の座標系

郵便番号は、プロパティの場所または小グループのプロパティを参照する手段を提供するもので、これを参照することで地理的な位置・配置を把握することができます。英國では、郵便番号は、国勢調査などの社会科学アプリケーションにも使用されているだけでなく、緊急サービスやプランナーにも使用されています。

2.4.4 測地系

すべての投影図法には、地球の表面への基準接地を表す基準点が必要です。基準点は、座標系を地球上に固定するための参照パラメーターを提供します。位置計算の際には地球の形状を近似するために使用されるジオイドを定義するため、正しい基準点を使用することが非常に重要になりますし、それを怠ると、位置計算がかなり不正確になる可能性があります。基準点は、標高または水深を測定するためのゼロ点にもなります。陸地測量部は、Airy Spheroid（エアリー楕円体）に基づいて、英國で使用する基準点を数多く設定しています。基準点の選択は、英国内において（地図）縮尺と場所によって異なり、たとえば1:50000などの小縮尺での地図化で使用できるような一般用途の基準点もあります。

2.4.5 役に立つ文献

本ガイドは、地図の図法、座標系、または測地系について学ぶためのものではありません。参照する以下の出版物には、読者がある程度理解していることを前提としているものもありますが、Kennedy and Kopp（2000）、Monmonier（1996）、Snyder（1987）には入門的な内容も書かれています。Snyder（1987）は、特に個別の図法についての権威です。Bugayevsly and Snyder（1995）およびYang、Snyder and Tobler（2000）は、それぞれロシア（旧ソ連）、中華人民共和国の地図作成を解説しています。

2.5 データソース

GISベースの作業を行う際の空間データの最も一般的なソースとして、以下のようないわがあります。

- ・地図、平面図
- ・現地調査で取得されたり、国・地域単位の記念物レコードなど、既に整備されている記録から抽出された位置座標のリスト
- ・空中写真およびリモートセンシング画像
- ・米国地質調査所（USGS）の地形データなどのデジタルデータ

取得データ

GISデータセットを作成・管理する際には、他のソースから取得したデータをしばしば使用することになるでしょう。2.8節で述べるように、取得データセットを文書化する際に、考慮すべき事項があります。他者のソースからデータを取り出す際、または取り出したデータを利用する場合、データ利用者には、元データの作成者に属する知的財産権を尊重する責任があります。単に情報源を示すことだけが必要な場合も

あれば、使用するデータの一部に対して使用料が必要な場合もあります。必ず事前に確認しておきましょう。

2.5.1 地図および図面

地図は、空間データの中でも最も広く利用されているソースの一つです。地図から得られた空間データを取り込む際には、いくつかの問題に注意することが重要です。問題の一つ目は、地図そのものに関するものです。地図自体の媒体は非常に重要です。マイラーベースのような特別に安定したプラスティックフィルムで作られた地図はある程度安定していますが、紙の地図は時間の経過とともに伸びたり歪んだりすることがあります。さらに、地図がオリジナルではなくコピーされたものである場合、複製プロセスによっては多くの歪みが発生する可能性があります。一般的には以下の情報を常に記録しておく必要があります。

- ・出版者および著作権所有者。多くの場合（常にではありませんか）同じです。英国陸地測量部（OS）の地図の場合、著作権所有者は国王です。
- ・地図の媒体
- ・ソースとなる地図の縮尺（比率として示されるもの）、および元の縮尺（ソースとなる地図が他の地図からの拡大または単純化である場合）
- ・地図およびシリーズ（該当する場合）の名称
- ・特定の地図構成要素の正確度：地図作成者は多くの場合、地図の等高線またはその他の部分的な構成要素の推定精度を提供します。
- ・使用する地図投影法と座標系の詳細。通常、この情報は地図に印刷されますが、そうでない場合はマップソースから検索する必要があります。

地図データの統合

地図データを GIS データベースに統合するには 3 つの方法があり、これらは 2 つの別個の技術に基づくものです。記録されている箇所が示されている場合、これは上述したようなすべての地図に必要とされる一般情報に加えて考慮されるべきものです。

スキャナー

紙地図は、フラットベッドまたはドラムスキャナでスキャンすることで、ラスター GIS データを作成することができます。スキャナ装置は精度と解像度にかなり差があり、フラットベッドスキャナとドラムスキャナの解像度は通常 100 ～ 1200 ドット / インチ (dpi) です。より高価なドラムスキャナでは、3 ～ 5000 dpi の解像度を実現しています。いずれの場合でも、スキャナーの真の光学解像度と、補間処理によって得られた解像度を区別するのに注意が必要です。スキャナ結果は、1 つのラスターファイルのデータ結果と言えるでしょう。

ラスターデータを保持するための画像形式は非常に多種多様（「ラスター画像ガイド」を参照）、その大方は写真画像用に設計されており、空間参照データではありません。GIS の一部では、独自のラスターデータ構造を提供し、空間参照情報（IDRISI、Arc/Info GRID、SPANS ラスター、GRASS ラスターなど）を記録しており、他の一般的なラスター形式からデータをインポートするツールも提供しています。また、TIFF（Tagged Interchange File Format）グラフィックス規格も拡張され、「GeoTIFF」と呼ばれる形式でジオリファレ

ンスや空間データを提供するようになりました。GeoTIFF 1.0 の公式仕様を含む TIFF 規格の詳細は、Geotiff のウェブサイト [\[1\]](#) から入手できます。

スキャンの過程では、非常に大きなラスター画像が作られることがあります。これはラスターレイヤーの統合と研究を行うソフトウェアによって色深度を増やすことが必要な場合もあるように、さらに合成されることもあります。

紙のオリジナルをスキャンして作られた結果は、作成されたラスターファイルごとに、地図のコアデータに以下の追加情報を記録する必要があります。これらの情報の取得には、それぞれのハードウェアおよびソフトウェアの文書を丹念にチェックする必要があることに注意してください。

- ・使用するスキャナ装置の詳細（製造元、モデル、ソフトウェアドライバ、バージョンなど）
- ・スキャナプロセスで選択されたパラメーター（デバイスの解像度設定、使用されるピクセルあたりのビット数など）
- ・ソースとなる地図に対して行った前処理の詳細、使用した特定のスキャナソフトウェアによって含まれるオプションは多様
- ・データに施された後処理の詳細（畳み込みフィルターによるノイズ除去やシャープネス、ヒストグラム均等化、コントラスト調整など）

デジタイズ

地図や図面は、デジタイザ（タブレット）を使用して幾何学的に記載し、ベクターデータにすることもできます。デジタイザは、一般的に、xy 軸において有限の解像度を持ちます。これは、例えば 0.02 インチまたは 0.001 インチ、あるいは 200 lpi や 1000 lpi のように 1 インチあたりの線数 (lpi) などのように示されます。この情報はデジタイザのマニュアルに記載されています。スキャナされた地図が一つのラスター GIS 画像を作成するスキャナ過程だけでなく、一つの紙地図のデジタイズから多数の、テーマごとに分かれたベクターデータ・レイヤーが作成される場合があります。

地図をデジタル化する際には、以下の追加情報を記録しておく必要があります。スキャナの過程と同様に、例えばデジタイザの解像度を確認するために、ハードウェアとソフトウェアの文書を注意深くチェックする必要があります。

- ・使用するデジタイズ機器の詳細（製造元、モデル、ソフトウェアドライバ、バージョン）
- ・精度、通常は解像度または lpi
- ・テーマに適用された自動ベクタ処理の詳細（最近隣接節点へのスナップ：snap-to-nearest-node 機能など）
- ・デジタイザから実世界の平面座標系への変換に用いる制御点の詳細
- ・上記変換処理で発生した誤差（RMS など）

スキャナーとデジタイザの併用

3 番目のオプションは、ソースとなる地図をスキャンし、その結果を、グラフィックス・ワークステーションとポイントティング・デバイスを使用する「画面上でのデジタル化」によりベクターデータのテーマを作成するための下図として使用するものです。これはしばしば「ヘッドアップ・デジタル

化」と呼ばれ、デジタイザーを使用できない場合や、第三者からラスターデータを入手できる場合には有効なオプションです。

ヘッドアップ・デジタル化の基本は、デジタイザー（テーブルやタブレット）でペンまたはマウスのようなデバイスを動かすのと同様に、マウスポインタを使ってデジタル化する画像の中をトレースし、座標を記録します。デジタイザーと異なる点は、コンピュータの画面に表示されている画像は込み入った領域を容易にズーム可能なことです。実際には、スキャナした画像では、ソースとなる地図の記号が正方形や長方形のセルとして区別できる程度にまでしか拡大することができません。デスクトップ・スキャナーでよく見られる1インチあたり300ピクセルの解像度でのスキャナでは各セルは約 $0.085 \times 0.085\text{mm}$ となります。高解像度のスキャナーではセルのサイズはさらに小さくなります。この方法ではさらに、地図・図面がスキャナされたときに登録が効果的に行われるため、より短時間でのデジタル化が容易になり、疲労などに起因するエラーを最小限に抑えることができます。

地図や図面のスキャナ画像からベクターデータを取得するために利用できるソフトウェア・ツールは数多くあります。これらのツールには、非常に洗練された半自動のトレース・ツールが搭載されており、理想的な画像であれば、多くの場合、人手を介せずにデータの70～80%をベクタ化することができる上に、問題がある場合には自動的に介入を要求してくれます。この種のツールの例として、LaserscanのVtrackやESRIのArcScanなどがあります。これらのツールは、高解像度（1インチあたり3000ピクセル以上）のドラムスキャナからの出力や、デスクトップ型のフラットベッドスキャナからの出力を操作することができます。このようなソフトウェアは高価になる傾向がありますが、非営利の研究機関や教育機関では割引料金で利用することができます。また、価格や精巧度の面では対極に位置しますが、PCで実行するための安価なシェアウェア・ツールも多数あります。これらのツールには、扱える最大スキャナ解像度や、画像の最大サイズや複雑さに制限があります。これらのツールのどれも、スキャナした地図／図面の100%のベクタ化が何もしなくともできるわけではないことに注意してください。どの程度の介入が必要なのは、常にベクタ化・トレースツールの洗練度、スキャナの質、オリジナル地図の性質によって決まります。

2.5.2 テキストおよび数値データ

多くの場合、空間データは、例えば地域や国の記念物登録簿などに見られるような、座標リストの形でエンコードされるでしょう。座標が示されている場合は、東経、北緯、標高(x,y,z)の標準的な測量表記法に準拠する必要がありますが、独自のシステムや、特に手書きの記録には一貫して適用されない場合があります。

座標がどのようにして導き出されたのか、例えばベースマップから算出されたものなのか、それとも現地調査で取得したものなのか、などを明示することが重要です。さらに座標の精度も重要です。例えばイギリスの地域記念物登録台帳では、遺跡の位置が100メートル単位（6桁のグリッド）で示されていることは珍しくありません。このデータを、1メートルの解像度で作成された空間データからなるGISデータベー

スに統合すると、両者の座標の精度が異なるため、その結果は不確かなものになってしまいます。

もう一つ重要な点は、個別の参照点が示された時でも、実際には（大きさを持つ点の範囲）バウンディングボックスの左下隅の座標を示しているということです。このバウンディングボックスの大きさは解像度によって決まります。イギリスの遺跡・記念物登録台帳の例に戻りますが、6桁のグリッドは、地上の遺跡の正確な位置を示すわけではなく、実際には遺跡の場所を含む100×100メートルのバウンディングボックスの左下隅（の位置座標）を指し示します。

テキストデータと数値データの統合

テキストデータと数値データを統合する際には、示された座標が関連づけられている座標系の理解が重要です。座標系は、英國国家座標（Great Britain National Grid）またはユニバーサル横メルカトル図法（UTM）などの、国内または国際的な系を参照するのが一般的ですが、遺跡固有のグリッドの場合もあります。遺跡固有グリッドは、特定の目的のために設定された特定点を基準とする任意の直角座標系です。おそらく最も一般的な例は、物理探査グリッドと発掘グリッドであり、発掘された遺構や遺物出土状況などの空間的な記録を容易するために確立されました。グリッドの位置が上述したような、より大きな、あるいはより一般的な座標系（国家座標や国際的な座標系）に関連づけられるか、あるいは特定されるまでは、任意のグリッドは「独立した」あるいは「浮動的な」ものと考えられ、グリッド系内部で一貫性があつても、その範囲の外側のフィーチャーと空間的に関連付けることはできません。言うまでもなく、将来的な再利用可能性をもつてデータをアーカイブする際には、グリッドのジオリファレンスの状態が座標の全体的な精度に深刻な影響を与える可能性があるため、慎重に対応する必要があります。物理探査における関連した問題の詳細な説明は、考古学における物理探査データに関するガイドを参照してください。

テキストデータと数値データを統合する場合は、以下の情報を記録する必要があります。

- ・データソース
- ・抽出座標の精度
- ・抽出された場所の座標の一致が検証済みかどうか、またその手法
- ・投影システムおよび座標原点
- ・ソースとなる地図から派生した場合、可能なかぎり使用したソースの詳細を記録（必要な情報の詳細については、地図データの項目を参照してください）
- ・調査プログラムから派生した場合、可能なかぎり調査手順の詳細を記録（必要な情報の詳細については、調査データの項目を参照してください）

2.5.3 購入またはダウンロードしたデジタルデータ

すでにデジタル形式となっている空間データは、地図製作機関（英國陸地測量部や公益事業など）から購入することができます。多くの機関は、ユーザーの要求に応じてラスターデータとベクターデータの両方を提供しています。また、インターネットからダウンロードできる空間情報の量も増えてきており、これもベクター・ラスター両方の形式があります。

デジタルデータソースの統合に関する注意事項

記録すべき情報は、スキャンまたはデジタライズされた地図や、スキャンされた物理探査結果の画像など、異なる媒体から得られるデータにあることが多いということは重要です。このため、これらのデータソースが要求するのと同様の情報を、デジタルデータについても記録しなければなりません。この情報は地図供給者から直接得ることが可能であり、もし提供されていない場合はリクエストする必要があります。

先述したように、ベクターデータは、シンプルな点や線であり、しばしば属性を持ち、アーケーノード・データ（結節点と結合線からなるもの）のようなより複雑でトポロジカルな主題を有するものもあります。GISで使用されるデータ構造は多様であるため（特にアーケーノード・データについては）、現在のところ、プラットフォームに依拠しない空間データの標準ファイル形式は存在しません。しかし、いくつか標準的な形式があり、特定の環境で使用されることがあります。

- British Standard 7567（英国デジタル地図データ変換フォーマット）は、英国陸地測量部がデジタル製品の供給および転送に使用するフォーマットです。空間参照されるラスターとベクターの両者をASCIIコード形式で保存できます。BS 7567 (NTF 2.0) のOSへの実装に関する有用なガイドは、英国陸地測量部から入手できます。
- 英国の空間ベクターデータおよび空間ラスターデータのアーカイブ業務関係者およびデータの利用者は、National Geospatial Data Framework (NGDF) にも留意する必要があります。これは「合目的的な地理空間データの広範な使用を促進および奨励しようと目指す、データ提供者とデータ利用者のための全国フォーラムです。その目的は、地理空間データを収集・提供・使用する際の協働の促進と奨励、地理空間データを収集・提供・使用する際の標準とベスト・プラクティスの使用の促進と奨励、そして地理空間データへのアクセスの拡大と促進です」。
- SDTS (Spatial Data Transfer Standard) は、さまざまデータモデルに対応するために開発された米国連邦情報処理標準 (FIPS) であり、利用者は機器やプラットフォームに左右されることなくデータに記述を添付し、標準形式で空間データをエンコードすることができます。SDTSは、米国連邦地理データ委員会 (FGDC) が管轄しています。SDTSはデータ交換フォーマットではなく、データベース設計とその基礎となるモデルを記述および保持する標準ガイドラインです。
- DLG (Digital Line Graph) 形式は米国地質調査所がベクター情報の提供に使用するもので、DRG (Digital Raster Graphics) は、米国地質調査所がスキャンしたマップシートを配布する際の画像です。これらの規格の詳細は、米国地質調査所のウェブサイトから入手できます。
- DXF (Digital eXchange Format) 形式は、CAD間で図面を転送する際に一般的に使用されるフォーマットですが、デジタル空間データを転送する際の事実上の標準として非常に広く使用されています（誤っている場合もありますが）(Walker 1993)。DXFの詳細については、「CAD Guide to Good Practice」を参照してください。

2.5.4 空中写真

空中写真は、地表に残されているところでは直接、また埋

藏されているところでは作物、土壤、または他の地表のマーク（ソイルマーク）により、考古遺跡の所在を明らかにすることができますかかもしれません。考古学では、既存の遺跡の状態を記録し、新しい遺跡を探索するために空中写真を使用してきた長い歴史があります。

考古学では、垂直写真と斜め写真の2種類の空中写真が広く使用されています。いずれの場合も、画像はGISデータベースに収録されるまでに少なくとも2つの段階、つまりまず幾何補正され、次にジオリファレンスされるという過程が必要です。詳細な参考文献として、写真測量などのより高度な技術を含む、包括的な課題と技術については、「考古学のための航空測量」のガイドを参照してください。

空中写真をスキャンして補正したものをGISデータベースに組み込むためには、以下の情報を記録しておく必要があります。

- 写真の全詳細
- スキャンが行われる場合はその詳細（記録が必要な情報の詳細については、地図のスキャンに関する項目を参照）
- 使用した幾何補正法の詳細
- 使用したソフトウェア。可能な場合は、選択された個別パラメーターを含める
- 使用される地上基準点 (GCP) に関する詳細
- データに対して行われた後処理の詳細（ノイズ低減や畳み込みフィルターによる鮮明化、ヒストグラム均等化、コントラスト調整など）

2.5.5 衛星および空中リモートセンシング画像

空中リモートセンシングとは、航空機に搭載された電子センサーで情報を直接デジタル形式で記録することを指します。近年では、安価に画像を入手できるリモートセンシング衛星の利用が増えています。詳細な参考文献、包括的な課題や技術についての説明は、「考古学のための航空測量」を参照してください。

記録すべき情報に関して、スキャンされた空中写真の利用に際して生じる問題は、空中リモートセンシング・データの統合にも関連しているでしょう。例えば、スキャンした航空写真と同じように、空中リモートセンシング・データも通常は補正が必要になります。繰り返しになりますが、包括的な詳細は「考古学のための航空測量」のガイドを参照してください。

- データソース
- 画像が取得された日付
- データ解像度
- データに対して行われた後処理の詳細（ノイズ低減や畳み込みフィルターによる鮮明化、ヒストグラム均等化、コントラスト調整など）
- 使用した修正方法の詳細
- 使用したソフトウェア。可能な場合は、選択された個別パラメーターを含める
- 使用される地上基準点 (GCP) に関する詳細

2.5.6 一次測量データ

現地測量

古い光学機器からのデータは、通常は完全に手作業で記録され、処理されます。最新のトータルステーションや衛星電波ベースの観測機器（米国の「Navstar」全地球測位システム（GPS）やロシアのGLONASSを使用）のほとんどは、内部にデータ格納場所や演算処理装置を備えているか、もしくは外付けのデータ記録装置（通常は携帯型コンピュータやラップトップコンピュータ）を使用しています。

データは、これらの調査機器から直接取得することができ、通常はXY座標のペア（3Dの場合は標高が加わる）の形式で、多くの場合は属性が添付されています。データは、独自のファイル形式か、GISデータベースに直接インポートできるASCIIファイルにエクスポートすることができます。データの複雑な主題別配置はない場合が多いですが、フィールドでGISまたはCADに直接入力できる高度なロギング（位置情報記録）ソフトウェアの使用が増加しているため状況は変化しつつあります。

しかし、一般的に測量データはCAD図面の形式であり、それ自体が主題（レイヤー）構造、または複雑なブロック構造であるかもしれません。この場合、各レイヤーを構成するデータのソースと派生物を文書化する必要があります。

どんなデータソースであっても、誤差の要因を理解し、機器やソフトウェア、GISレイヤーで使用した座標の算出方法を詳細に記録することが不可欠です。近年の半自動の測量機器や方法は使いやすく、単純な書き写しや計算ミスを減らすことができるかもしれません、それでも多くの誤差が発生する可能性があります。現地測量では、測量基点として使用する地点の信頼性や、装置と作業従事者によって発生する機器固有のまたは累積的な測定誤差などが誤差の要因に含まれます（Clancy 1991）。

現地測量データの統合

測量情報は、角度や距離の計測値のかたちをとるでしょう。GISでは、このような幾何学的な計測値を保存し操作できますが、多くの場合、二次元直交座標（デカルト座標）として扱われます。座標リストやテキストデータと同様に、現地測量データをGISデータベースに組み込む際には、座標位置に関連付けられた座標系を完全に理解することが非常に重要です。ほとんどの測量では、（公共座標系などから）独立した、浮動的な状態、つまり任意の直角座標系を基準にして座標の取得を開始します。この任意座標系での測量は、その内部では一貫しており、一般的に非常に精度の高い技術が使われています。例えば、トータルステーションの測量機器は、ミリメートル単位またはそれより詳細な単位で位置を記録することができます。しかし、測量結果を広範に利用するためには、国家測量グリッドやUTMなどのより広範囲の、またはより一般的である座標系に統合する必要があります。したがって高精度の測量であっても、ジオリファレンスの過程が全体の精度に大きく影響を与える可能性があります。多くの場合、任意座標系での測量のグリッド系はベースマップから得られた点を基準としますが、その基準点自体がせいぜいメートル単位でしか位置を特定できないからです（訳注：日本の測量法に規定されるような基準点測量を行っていない場合）。三角点や高精度GPSの使用などにより、任意座標系で

の測量を公共座標系などの中に特定する基準点がより正確であるほど、（統合された）結果として得られる測量データリソースの精度は高くなります。

測量データから得た主題データを統合する際は、以下を記録してください。

- ・測量データのソース（紙・デジタル地図、GPS、地図製作機関からの提供）および基準点座標の推定誤差
- ・測量の詳細（日時や目的など）
- ・測量の主題構成の詳細
- ・使用した機器の製造元とモデル
- ・測量の種類（等高線や特徴など）
- ・座標ペアの推定誤差、および（該当する場合は）z座標の推定誤差
- ・ジオリファレンス情報と測量データの全体的な精度

衛星ベース(GPS)の測量

衛星ベースの測量データは、受信機の位置を特定（測位）するのに用いる方法や、測位精度を向上させるために用いる技術の違いによって複雑化されています。（車、人などの）ナビゲーション目的の単純な携帯型機器による測位は100m以内という精度しか得られない場合もありますが、微分補正を行うことで10～15m以内、あるいはそれ以上の精度に向上する可能性があります。一方で、良好な状況下では、最良の測量機器を使用した場合はセンチメートル未満の精度を得られる場合があります。

同じ機器による測位精度も、時間の経過とともに衛星と受信機の相対的な位置が変わると変化します。三角測量のための衛星配置が不足している時間や、観測地点から見える衛星数が減少する時間を少なくするために慎重な「行動計画」が不可欠です。幸いなことに、多くのデータログ・パッケージには、最適な観測時間を決めるための衛星予測機能が備わっています。Jan van Sickle (1996) と David Wells (1986) は、衛星測量の有用な入門書を出しておらず、Leick (1995) は、基礎となる技術と数学を綿密に解説しています。

GPSデータの統合

前述したように、衛星システムはECEF (Earth-Centered Earth-Fixed) 直交座標系（地心直交座標系）を使用して受信機と衛星の相対位置を計測します。ECEFのx,y,z座標で表示された位置は、3D空間で衛星や受信機の位置を特定するのには理想的ですが、地上のマッピングにはあまり適していません。幸いなことに、ほとんどの受信機はWGS84標準円体に対する緯度経度で表された座標を出し、また多くは他の標準円体や、UTMやさまざまな国家座標系など、他の座標系に対応する位置を出力します。利用可能な座標がWGS84または他の座標系からの相対座標のみの場合、GISベースマップに使用する座標系への転換が必要となります。この変換には、標準円体間の変換と基準点シフトの両方が必要です。世界各地の地図には多数の基準点が使用されています。詳しくはSnyder (1987; 1989) を参照してください。各基準点は、共通基準標準円体とそこからの地表面の局所的なずれを説明するためのx,y,z座標のオフセット、および標準円体からの地域的な変位によって定義されています。

イギリスでの地図作成について、英國陸地測量部は、ECEF、WGS 84、経緯度座標系、および英國国家座標系

(BNG) の変換に関する詳細をまとめた 2 つの小冊子を発行しています (1995, 1996)。同様の変換は UTM 座標の算出にも使用されます。

GIS の中には、適切な基準点変換関数を備えているものもあり、また変換用のプログラムもいくつかあります。しかし、これら多くの変換の結果は、元の位置の精度を低下させる近似にすぎないことを認識しておいてください。例えば、陸地測量部 (1996) で解説されている方法は、精度 2m 以内の BNG 座標を生成します。したがって、変換で使用されるプログラムと方法は、データ編集履歴の一部として記録する必要があります。

衛星データを統合する際には、以下の情報を記録してください。

- ・基地局特定に使用した方法 : C / A または P コード擬似距離測定、搬送波位相測定、および単一の測定または平均化 (計測期間を含む) が使用されたかどうか
- ・座標変換と誤差推定に使用したソフトウェア
- ・特定点の取得に使用した衛星と GDOP (幾何学的精度低下率 : 三角測量に対する衛星位置の適合性を示す修正の品質の尺度) 観測値
- ・誤差推定とともに実施された微分補正の性質
- ・送信差分 : サービスプロバイダーの名称、および基地局の名称と場所
- ・ローカル基地局 : 機器の詳細、基地局の位置 (推定誤差を含む)
- ・後処理 : 使用されるソフトウェアと修正データのソース

GPS データの推奨形式および許容形式

GPS または GLONASS データは、多くの場合、データログ機器を使用して記録され、シンプルな ASCII テキスト、DXF または独自 GIS や CAD 形式を利用して他のシステムに転送されます。ほとんど場合、特に属性データが含まれている場合は、これらの形式のいずれかが選択されるべきでしょう。

GPS 受信機の多くは通常、以下のいずれかの形式でデータを直接出力します。

- ・NMEA 0183 : 海洋航法装置のために米国海洋電子機器協会が定める ASCII プロトコル (米国海洋電子機器協会 1995)
- ・RINEX ver.2 : Receiver INdependent EXchange format (受信機に依存しない交換フォーマット) (Gurtner and Mader 1990; Gurtner 1994)
- ・Trimble Standard Interface Protocol (TSIP) などの独自の ASCII 形式またはバイナリ形式

このうち、RINEX は広く利用されており、特定の機器や種類に縛られることはありません。また、新しい調査地点への移動や新しい地点占有の開始などのコメントや出来事を記録するための規定もあります。素材の衛星データがデータセットの一部を形成している場合は、それが現在のところ推奨されている形式です。

[1] <http://trac.osgeo.org/geotiff/>

2.6 数値標高モデル

数値地形モデル (DTM: Digital Terrain Model) や数値地表モデル (DSM: Digital Surface Model) とも呼ばれる数値標高モデル (DEM: Digital Elevation Model) は、地表面の標高をラスター形式で表現したもので、ほとんどの場合、ラスター・グリッドは正方形です。等高線と異なり、DEM はラスター内の各セルの標高値を提供し、補完が必要な中間点はありません。DEM はさまざまな目的で使用されています。例えば、(ある地点からの) 可視領域や (地点間の) 相互可視性、露出度、水文学、アクセスの良さ、および高解像度データにより埋もれている地物を示す微かな地表面変化などを調べることなどに使われています。ここでは、まずイギリスの DEM データについて説明し、次に他地域の DEM データについて説明し、考古学的な利用の可能性について論じます。

2.6.1 イギリスの DEM

イギリスの空間データの主な提供元は、英国陸地測量部 (OSGB) です。本稿執筆時では、OSGB は 2 つの DEM プロダクトを提供しており、どちらも JISC Digimap サービスに登録されている機関のユーザーが利用できます。

- ・「地形パノラマ」この製品は、50m メッシュの整数標高値による DEM を生成するために 1:50000 等高線地図から派生しました。一般的な地表モデルを提供しますが、水文学研究には適していません。一般的な可視領域や景観の研究には適しています。
- ・「地形プロファイル」この製品には、1:10000 の等高線マッピングから派生したコンテンツと等高線間を補間するための独立標高点が含まれており、グリッドは 10m、標高値は整数です。水文学研究には「地形パノラマ」よりも適していますが、必ずしも水文学的に正しいモデルが得られるとは限りません。「地形パノラマ」を使用するものと同じような研究だが、より詳細な情報を必要とする研究に適しています。等高線から派生した DEM 製品のユーザーは、等高線のソースに直接関連する潜在的なアーティファクト (人為的作業による意図しないノイズ) の可能性を意識しておく必要があります。これについては、Jo Wood 博士の論文 (1996) に詳しく説明されています。

以下のような、リモートセンシングの手法で作成されたイギリスの DEM データが多くあります。

- ・「シャトル・レーダー・トポグラフィー・ミッション」(SRTM) このデータは、NASA がスペースシャトルに搭載された合成開口レーダー (SAR) を使用して取得したもので、対象範囲と製品オプションの詳細については、以下の他地域との関連で説明しますが、英國諸島 (アイルランドを含む) の 3 秒単位の SRTM データは、このサービスへのアクセスが許可されている学術研究者およびその他のユーザー向けに、JISC Landmap サービスから入手できます。この SRTM データのメッシュは 75m、垂直解像度は 10m です。SRTM データは、広範囲の景観研究、可視領域、相互可視性、露出度の研究などに適していますが、水文学的研究には適していません。SAR データは一般的には高品質ですが、「位相コヒーレンスの損失」と呼ばれる問題があります (レーダー信号を効率的に処理できない時、データに「穴」が生じる可能性があ

- る)。このような「穴」の発生はまれですが、水上ではよく生じます。また、レーダービームの方向が地面の傾斜と一致する場合にも発生します。本データは Landmap サービスからダウンロード可能で、それぞれイギリスおよびアイルランドの全国地図座標も反映されています。
- ・「ランドマップ ifSAR DEM」この製品はメッシュが25mで、干渉測定と呼ばれる立体航空写真を使った写真測量法と類似した方法により、欧州宇宙機関の「欧州レーダー衛星 (ERS)」データから作成されたものです。この製品は、土手、橋などの上面といった人工物を含む曲面表現を提供します。これらのデータは SRTM 資料よりも詳細であり、一般的に垂直解像度が高くなっています。情報源のツールが類似しているため、同様に処理されたアーティファクトを含みます。水文学的調査には適していませんが、陸地レベルの作業および可視性、相互可視性、露出度の研究には適しています。これらのデータは、それぞれイギリスおよびアイルランドの全国地図座標も反映されています。
 - ・「Bluesky DTM」この商業用 DTM のメッシュは 5m で、標高値の整数は四捨五入されて最も近いメートルで表されます。これらのデータは、立体航空写真を写真測量法で補間したもので、地面の標高を記録するために調整されます。このデータと実際に測定された地表標高の差が記録された建物高度のデータセットも利用可能です。執筆の時点では、イングランドとウェールズのデータは、アクセスが許可されている学術研究者およびユーザー向けに、JISC Landmap サービスから入手できます。イギリスの全国地図座標に登録されたこれらのデータは、より詳細な景観、可視領域、相互可視性、および露出研究に適しています。また、大規模な水文研究、一般的な洪水発生モデルなどに適した解像度を有しています。このメッシュサイズは、大きな遺構が識別できることを意味しています。
 - ・「LiDAR (Light Direction and Ranging)」この詳細な製品は、空中レーザーから生成され、25cm のメッシュと 1 センチメートル未満の垂直解像度を実現しています。この高解像度のデータは収集と保存に費用がかかり、元々洪水リスクのモデリング / 監視のためにイギリスで収集されていたため、おもに「リスクのある」都市環境調査のために作成されてきました。このデータは非常に正確な水文モデルを生成可能で、考古学的遺跡など、地面の標高の変化に反映している地下埋設物の調査にも役立ちます。イギリスのデータは、環境庁と地理情報グループによって収集されています。許可されたユーザーは、JISC Landmap サービスを通じて地理情報グループの製品データ入手できます。これらの Landmap サービス・データは、1m メッシュ、15cm の垂直解像度を備え、執筆時点では、バーミンガム、エジンバラ、グラスゴー、リバプール、ロンドン、マンチェスター、ニューカッスル・アポン・タインを対象範囲としています。

注意事項 このようなラスターデータでは、水平方向の精度が高くなると、データ量が大幅に増加します。例えば、メッシュが 30m から 15m になると、データ量は 4 倍になります。現に、イングランドとウェールズの Bluesky DEM は、納品された時点で約 50GB のディスクストレージを使用しています。ソフトウェアパッケージやコンピュータの OS によっては、操作や保存が可能なデータセットの最大サイズに制限が

ある場合があります。本ガイドでは、データセットのサイズに関する問題の詳細やアドバイスの提供は行いません。

2.6.2 その他の国

以下のリストは完全なものではなく、ここに掲載できない国や地域のデータ製品もあります。ここでは、ほぼ全世界を対象としており、簡単にアクセスできるデータセットと、より詳細な製品を探すための助言をいくつか挙げています。

- ・「SRTM」は、北緯 60 度から南緯 56 度までの陸域を対象としています。このミッションは、2000 年 2 月に国際共同事業として実施されました。最も詳細な SRTM 製品は軍事使用に限定されています。約 30m メッシュの 1 秒単位のデータは、米国内の共同利用端末で利用可能です。3 秒単位データは、計測対象地域ごとにメッシュが異なります（赤道上では 90m）。任意の場所で制限範囲内のデータをダウンロードできます。また 30 秒単位（約 1km）や関連画像製品もあります。公開されている SRTM データの垂直解像度は 10m です。これらのデータは、USGS [1] および他のサーバーからダウンロードできます。
- ・「ASTER GDEM」日本の経済産業省と NASA の共同イニシアチブによるこのデータは、地球観測衛星「テラ」に搭載された日本の観測装置によって収集された測定値から生成されました。2000 年以降、南北緯度 83 度以内の陸域データが収集されています。このデータは 30m メッシュ、垂直解像度は 7 ~ 14m です。ASTER は可視光スペクトルで動作するため、雲に覆われている領域のデータを収集することはできません。ASTER データは 1 度タイルで表されており、「ASTER GDEM」 [2] からダウンロードできます。
- ・「SPOT DEM」フランスの地球観測衛星シリーズである SPOT は、立体画像を収集し、これを立体航空写真のように処理し、DEM を生成できます。このデータは 15m の平面測定精度と 10m の垂直精度を備え、1 秒単位（20m のデータセット）として提供されています。これは SPOT Image が提供する商業用サービスですので、詳細については SPOT Image のホームページ [3] をご覧ください。
- ・「各国のサービス」DEM データを提供する国内および商業用サービスは多岐にわたるため、このガイドでは詳細なリストを提供できません。LiDAR データおよび写真測量 DEM はますます増えつつあります。詳細については地域の情報当局にお問い合わせください。

2.6.3 DEM データの使用

地表形状は、過去または現在の自然・人間活動の歴史的証拠であるだけでなく、多くの（現在進行形）自然・人間のプロセスにも直接影響を与えています。高緯度地域では、斜面の角度と方向が融雪を制御する要因となります。緩やかな斜面と河川水位に近い標高は、洪水リスク評価の重要な因子になります。また二地点の相対的な標高差は、相互視認性を決定する主要な因子になります。

2.6.4 DEM データの作業

DEM データを使うには、その性質上、GIS やリモートセンシングなどのパッケージを利用する必要があります。DEM データは画像データと似ていますが、海面下の最低標高から最高標高までの値があります。そのため、DEM データは、Photoshop や GIMP などの汎用画像処理パッケージでの処理

には向いていません。オープンソース製品を含むほとんどのGISパッケージには、陰影起伏、可視領域、傾斜の方向や角度を計算するための、最小限の基本的なツールが含まれており、任意の地点の標高を関連付けることができるようになっています。これらの基本的なツールを組み合わせることで、幅広い研究の機会が生まれます。考古学的な面で言えば、このようなツールは、解釈的分析を支えるものであり、それ自体が何かを決定するものではありません。

可視性と露出

このアプローチは、ある場所が他の場所から見えるかどうか（可視領域）、ある場所が他の場所から見える範囲、ある場所が太陽や風向きなどにさらされている範囲（露出）に関係しています。これらは、同じようなツールを使用して測定することができます。ほとんどのGISパッケージは陰影起伏ツールを提供しています。これは、光源からの光をモデル化し、影ではない部分を照らすように設計されています。光源の位置と高さを調整することで、特定の場所からの視野、すなわち可視領域を導くことができ、その結果、その場所から露出している領域を判断できます。同様の方法で、光源は太陽の通過道を追跡し、照らされた場所や影になっている場所、またはその露出を識別するようにプログラムすることができます。極端な気候条件下では、太陽に対する露出、またはある特定の場所への日照を妨げる日陰は、自然現象や人間の行動に重大な影響を与える可能性があります。

一部のパッケージには、個々の地点の可視領域、および別の場所から見た特定の場所の可視性を判断するツールがあります。例としては、白亜で覆われた墳丘墓や、より防御的な目的のために作られた遺構があげられるでしょう。これは、ここで相互視認性と呼んでいる分析です。相互視認性のツールが含まれていない場合、特定の場所が目標から見えているかどうかを判断するためには、可視領域分析（の視点と対象）を反転させることで同様の効果を得ることができます。

地表面形状

景観の地表面形態も、自然現象や人間現象に影響を与えます。洪水リスクを制御できる場合がその一例であり、またその場所がなんらかの活動に適した土地だということもあります。これらは通常、スロープ（傾斜）、傾斜角、アスペクト（地表面の傾斜方位）の観点から測定されます。隣接するすべてのグリッドに対して地面が傾斜している範囲は、例えば湿った窪地・盆地であるかもしれません。傾斜、アスペクト、標高の組み合わせは、ある作物が栽培できるかどうかといったいくつかの活動の実行可能性を明らかにするかもしれません。景観形態学を研究するためのツールも多数ありますが、これらは本ガイドでは扱いません。

-
- [1] http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/Products_and_Data_Available/Elevation_Products
[2] [http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/index.jsp\(*\)](http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/index.jsp(*))
[3] <http://www.spot.com/>

2.7著作権問題 - 英国陸地測量部(OS)の例

以下の注意事項は、執筆時点でのOS情報を基にしており、手引きとして記載しています。最終的な条件については常に最新のOS文書を参照してください。

GISで使用するデータはすべて、誰かが著作権を持っています。GISデータセットに組み込む各情報の著作権は、データの公開方法や利用範囲に影響するため、著作権者を注意深く特定することが重要です。著作権の複雑さを示す一例として、英国陸地測量部を紹介します。

2.7.1 許可の申請

英国陸地測量部(OS)は、ユーザーに、情報を利用する前に著作権処理申請の手続きを行うように求めています。OSのデータは国王に著作権があるため、特に厳格な規制が適用されており、GIS分析を行う前に著作権に関する要件を理解することが特に重要になります。

「1988年英国著作権、意匠、特許法」(HMSO 1988)では、国王の著作権を定義しており、国王の著作権情報をいかなる個人または組織が事前に許可なく複製した場合、侵害と見なすということが述べられています。次の場合に著作権が侵害されたと見なされます：

- ・手作業または機械的手段により複製がなされた場合
- ・全体または一部を直接複製または模写した場合、あるいはOS資料に基づいた地図または文書を複製した場合

この許可の申請についての例外の一つがフェアユース（公正利用）条項で、個人での調査、研究、批評、またはレビューのために自ら所有する地図をA4サイズで最大4枚まで複製する場合、基本的に許可を必要としていません。OSは、地図の読み取り／解釈といった教育目的および学生の進度の評価に関する目的においては、紙地図の部分的使用を「教育目的」と定義します。研究での使用は「大学の研究プロジェクトのみ」に制限されています。これは一般に、高等教育助成会議を含む外部スポンサーによって援助される研究を除外しています。

もう一つの例外は、議会、司法、王立委員会、または法定調査問題の手続きに関連するOS資料の使用です。この場合、OS資料は許可なく使用できますが、出版することはできません（陸地測量部 1996）。

2.7.2 引用

OS資料を使用するにあたって事前許可が必要かどうかにかかわらず、引用情報に必ず言及する必要があります。

著作権対象外のOS資料については、「[発行年] の陸地測量部地図から複製」という文言を含める必要があります（陸地測量部 1996）。

2.7.3 OSマップはすべて著作権の対象ですか？

厳密に言えば、すべてのOS資料は合法的に使用するにあたって「Crown Copyright Reserved（国王の著作権保護）」という文言とともに適切に引用されなければなりません。OSとしては、この表記を併記しない資料が著作権の対象であるかどうかを直接当事者に確認することをお勧めします。

2.7.4 出版

OSでは、「出版」を「OS資料を含むあらゆる出版物の販売または配布」と定義しており、「出版とは、シートマップ、書籍、雑誌、パンフレット、リーフレット、カタログなどを指します」（陸地測量部 1996）。

一般に、利益を目的としない学術研究の出版に対して著作

権使用料は請求されませんが、出版前にOSの許可を申請する必要があります。当該出版物におけるOSの著作権を認める必要があります。学術研究以外の出版物にはさまざまな著作権使用料が発生し、登録慈善団体などには割引料金が適用されます。著作権使用料は、成果物におけるOS資料の使用割合や最終成果物においてOSが認めた「有用性」によっても異なります。1996年4月付けの「OS著作権リーフレット4 (OS Copyright Leaflet 4)」では、これらすべての規定を記載しています。

一般的にOSでは、インターネット上の資料公開を許可していません（陸地測量部1996）。

2.7.5 全国地図座標

驚くべきことに、イギリスの全国地図座標も陸地測量部地図の国王の著作権の対象となっています。通常、無料で全国地図座標を複製できますが、次の謝辞を記載する必要があります。

「本地図上のグリッドは、政府刊行物発行所所長の許可を得て掲載した陸地測量部地図の全国地図座標である」（陸地測量部1996）。

著作権の対象となるのは全国地図座標それ自体ではありません。全国地図座標は、Airey Spheroid（エイリー・スフェロイド〔回転楕円体〕）とシリ－諸島南西の仮座標原点を使用した標準の横メルカトル図法で、あくまでも数学的な変換であり、はるか昔の研究者によって定義されているため、それ自体は著作権の対象ではありません。

ただしOSによる全国地図座標（100km四方のグリッド座標値を2文字のアルファベットで表示）の使用は、国王の著作権となります。OSは、「NY 123 456」という形式で表示されるすべての全国地図座標リファレンス（NGR）の「所有権」を主張しています。これまでも、OSに著作権使用料が支払われていない場合、OSはこの種類の商用利用に対する差止命令を得ることに成功しています。

つまり上記の参考例「NY 123 456」はOSの著作権ですが、数値形式の「312300 445600」は該当しません。

2.7.6 OSデータの使用（紙の地図およびデジタルデータ）

一般的なケースでは、OS成果物において発信されるすべてのコンテンツは国王の著作権の対象となります。明確には、例えばOSは居住地名の著作権を主張することはできませんが、居住地の範囲を定義する調査努力に関連する所有権を主張することができます。また同様に、データ内のエラーもすべてOSの著作権です。これは奇妙に思いますが、エラーマッチングは、著作権が侵害されているかどうかを判断するためにOSが使用しているメカニズムの1つなのです。

2.7.7 地上基準点とOSマップ

OSマップから地上基準点を取得することは、著作権法の下での限定された権利です。限定された権利は陸地測量部によって付与された標準ライセンスの対象ではなく、ケースバイケースでのみ付与されます。そしてほとんどの場合、使用料の請求が行われます。

OSデータ（マップ、デジタルデータ）を使用して他のデータ（マップ、画像など）の位置を特定すると、その結果得られたデータ、マップなどの知的財産権がOSに付与されます。実際にOSは新規データの位置コンテンツを所有していると主張しています。したがって、OSの明示的かつ事前の許可なしに、この情報を第三者に渡すことは犯罪とみなされます。ゆえにOSは商用製品または商用の可能性があるとみなされる情報の著作権使用料を求めるでしょう。「陸地測量部の資料を修正した独自データを獲得しようとする場合、国王の著作権を侵害する可能性があります」（陸地測量部1996）。

もちろん、データがGPSポイントから測量されていて、その座標が完全な数値形式（例：上記の312300 445600）で指定されている場合、OSはこの件には関与しません。いずれにせよ、数値形式はデジタルデータとの関連性においてはかなり有益であるため、こちらに慣れておくと便利でしょう。現在、想定される誤差が1cm未満から1～2メートルまでの精度を有するディジタルGPSが簡単に利用できます。低料金でリース可能であり、すでに広く使われています。OSからの申し立てを免除してもらうためにも、GPS使用に関する正確なフィールドレコードを保持することを推奨します。

2.7.8 OSマップのデジタル化

OSは通常、既にデジタル化資料があるOS著作権資料をデジタル化する許可を与えていません。現在はOSの地図作成システム自体がデジタルであるため、許可を得るために非常に限定的なケースを主張する必要があります。1:1250のOSデジタルマップが利用可能であるのに、1:25000の縮尺でそのマップをデジタル化するといった申請については、おそらく許可を得ることはできません。OSがデジタル化を許可する場合、通常、データキャプチャの著作権使用料が求められます。

2.7.9 最悪のケースシナリオ

著作権法は重大な問題であり、事前に適切な許可を求めることが最善です。OSは以下のように明記しています：

「当局の許可なく地図を複製したり、デジタルデータを使用した場合、これは法的に1988年英国著作権、意匠、特許法の侵害として見なす。侵害した場合は、当局の成果物を窃盗したものと見なし、法的措置を講じ、損害賠償の支払い義務、および出版物の破棄を要求するか否かを判断する。当局の最低損害賠償額は、侵害を発見した時点で適用される著作権使用料に25%を加えた金額とする」（陸地測量部1996）。

2.7.10 OSからの派生データ使用に関するその他の問題

OSはデータが完全であると主張している一方で、100%の位置精度を主張していません。実際、初期の「カウンティ・シリーズ」から「全国地図座標」への移行に関連する残差があり、OSは現在、この問題を解決するために4,000万ポンド以上の投資が必要であると推定しています。この問題に対するOSの現在のアプローチは、使用者が間違いを見つけた場合、OSに通知するように求めるというものです。つまり少しずつ、無料で更新することを試みているのです。市内中心部については、こういった誤差の影響はありません。

「使用者がどこにいるかを知ることでOSが知的財産権を主張することが最大の問題になります。つまり、既存データの多くは、その使用者のみが所有している限りは責任を負わな

いものの、他人に渡った瞬間に著作権使用料の支払い義務が生じる可能性があります。このため、今後はすべてのフィールドデータの収集作業をGPSで行う必要があり、そのためにかなりの予算を割く必要性を示唆しています。GPSを用いれば、収集されたデータはOSの著作権の対象外となります。

2.7.11 その他の情報について

その他の役に立つ情報については、OSのホームページを参照してください。著作権については、http://www.ordsvy.gov.uk/about_us/copyright/index.html (*) および関連ページを参照してください。

2.8 データを文書化する理由

地理情報システム(GIS)を定期的に利用することで、そこには何が含まれているのか、どの地域がカバーされているのか、その長所や短所はどのようなものであるのかについて把握できるでしょう。例えばあなたは、ヨーク市のデータについて、得られる情報はごく最近(20世紀)のものしかなく、市の南西部の空中写真判読に少し疑う余地があることを理解しているでしょう。

しかしながら、デジタルアーカイブに提供されているデータは、世界各地の研究者によって使用される可能性があり、その知識のレベルはさまざまです。そしてあなたが知らない限り、世界各地の研究者にはそのデータについて知る方法がありません。

データ収集者の手間を最低限に抑えつつ、情報が利用者に最大限に理解されるように、本ガイドでは、文書化プロセスを標準化、簡素化するための手順を提案します。

あなた自身のための文書化

あなたのデータの記録、およびデータに対してあなたが行ったことの記録が、あなたの所属する組織内で有用なことは間違いないかもしれません。毎日データを使用していても、データの一部がどこから来たのか、または現在使用しているデータがどのように各情報源から収集されたのかについては忘れてしまうこともあるでしょう。

このセクションでは、(データの記録と、データに対する作業記録)双方のタイプの文書化に関連する問題を紹介するとともに、詳細について説明します。

2.8.1 文書化のレベル

地理情報システムのような複雑なコンテンツを文書化する場合、現在のシステムを作成するに至るまでのGISを構成するデータセットから、各コマンドがデータに適用された手順に至るまでのすべての情報を詳細に入力することも可能です。

ほとんどの事例について言えることですが、詳細な情報が必要な場合もあれば、もっと簡素な記録レベルのほうが適切な場合もあります。通常は、あなた(データの作成者、保守担当者など)、またはあなたのデータを主に使用する人が、どのような文書化のレベルが適切かを判断し、選択します。例えば、「整理されたカバレッジ」が最適な場合や、より豊かな表現が必要な場合などがあるでしょう。

Arc/Info clean コマンドを使用して、紙の地図からデジタル化する際に発生した誤差を除去するために、新しい土器レイヤーを整理します。コマンドは以下の通りです。

```
clean pottery # ## poly
```

こちらのほうが最適かもしれません。前者のような書き方は分かりにくい反面、後者では大変手間がかかります。

第三者が利用できるようにデータを文書化する際には、内部使用の場合よりも、より明確に(より高度な文脈化を用いて)必要事項を記述する必要があります。

2.8.2 「文書化」対「メタデータ」

メタデータについては、個別の項で詳しく説明します。メタデータにはいくつかの定義がありますが、有用なのは、メタデータとはデータを情報に変換する手段であり、自分以外のユーザーが解釈および再利用できるものであるというものです。言い換えれば、メタデータとは第三者が任意の形式の文脈で利用できるようにするためにデータセットに関連付けられた補足情報のラベルのことです。メタデータには、データが保存されているコンピュータの形式、データが関連する国の地域などに関する情報が含まれる場合があります。

広義でのメタデータは、おそらくGISデータに関連するすべての文書を意味する場合もありますが、本ガイドでは、「リソース・ディスカバリー」に使用されるメタデータにのみ該当するメタデータ・ラベルを例にして簡単に説明します。そのため、デジタルアーカイブ・カタログ自体への入力に最適な情報であり、かつ第三者によるデータの検索を容易にする情報は、ある意味メタデータと考えられます。また、人々があなたの提供したデータにアクセスして利用する際に助ける情報があなたが提供した場合、その情報は補助的な文書と考えることができます。

では...どの程度であれば適切なのか?

場合にもありますが、もし内部使用のためだけにデータを文書化しているなら、ここで推奨されるものを必要なだけ、あなたの裁量で用いることができます。

ただし、データをADSやtDARといった特定のアーカイブに保存することを想定している場合、各アーカイブ固有のガイドラインに従いデータの取り込み/再利用を行う必要があります。データが複雑な場合、アーカイブはそれ自身に付随する他の(専門の)文書化を推奨する場合があります。それを定義するために、早い段階で協議の場が設けられることが望まれます。

2.8.3 記録される情報

通常は、できるだけ早くデータに関する情報を記録することをお勧めします。データを使用または作成し始める際、同時に記録も開始することが理想的です。アーカイブに保存する直前までメタデータや文書の作成を始めなかった場合、実際に作業を行っていた時点より後で記録することは困難を生じ、一部の情報の提供が難しくなるでしょう。

作業を進めながら関連する詳細を記録したい場合には、何らかのログの記録をお勧めします。これによって、後から古

い封筒や紙くずなどその都度走り書きしたものすべて探し回るよりも、情報を見つけやすくなります。

このログには、使用しているソフトウェアやそのバージョン、そして使用しているコンピュータとオペレーティングシステムの種類（例：Windows PC、Mac、Sun ワークステーションなど）といった一般的な詳細を記録しておきます。後に、ソフトウェアの旧バージョンの問題を発見したとします。たとえば SuperGIS バージョン 23.7 においてマップ上でのグリーンラインが 3mm ずれていることがわかった場合、ログを見返して、公道を表示するすべてのマップが SuperGIS 23.7 を使用して 3 年前に作成されたものだと確認できるので、大変便利です。何らかの問題が発見された場合、適切な文書化によって遡って問題を修正することができます。

データソース

使用データの取得元に関する情報は、GIS の構築および使用の際に記録できる最も重要な情報の 1 つです。

データは、各地図の作成機関（陸地測量部、USGS など）、地方自治体、利権団体など多数の情報源から取得され、さまざまなもの（多くの場合異なる）縮尺または解像度で収集され、表示されます。

これらの各情報ソースはそれぞれ異なった目的のためのものであり、それぞれが多様な問題を有しています。たとえば、1:50,000 縮尺で取得したデータは、遺物の（広域）分布図には最適ですが、個別の発掘トレンチの配置図には不適切です（1:50,000 マップ上の 1 センチメートルは、実寸の 50,000 センチメートル、つまり 500 メートルに相当）。

ユーザーが自分の業務にあなたのデータを組み込むための最適な方法を判断するためには、当初の測量調査時の縮尺や解像度、調査結果のデジタル化の際の縮尺や解像度、データ取得プロセスで想定されるエラー（多くの場合、「二乗平均平方根（RMS）」であり、印刷されたマップ上では誤差として表示される）、および元データを取得した方法などの情報を提供することが望ましいでしょう（ユーザーは、たとえば最終的にはどちらも 1:100 縮尺で表記されていたとしても、ある 1 つの地形データセットは巻尺と水準器により計測された一方、別のデータセットは最先端の測量機器であるトータルステーション『セオドライト』による詳細な調査の結果であるといったことを知りたいことでしょう）。

データの所有権もまた、すべてのデータセットについて記録する際の重要な属性であり、非常に複雑な場合もあります。たとえば、「陸地測量部」が所有するデータを「ノース・ヨークシャー州議会」が使用して、州議会が「所有する」新たなデータセットになっている場合があります。次にこのデータを考古学団体「ヨーク考古学財団」が使用して新たなデータセットを作成すると、同団体が「所有する」新たなデータセットになります。そうなるとこの時点では、陸地測量部の元の情報はほとんど存在していないものの、実際には陸地測量部は本来認識されるべき知的財産権を保持し続けることになり、たとえば後にヨーク考古学財団が「自分の」データとして Yorkshire Water 社に合法的に販売を行う可能性を制限することになります。

このように複雑なデータの追跡はデジタルデータにおいては非常に一般的であり、すべてのデータセットのあらゆる「生まれ変わり」の過程を追跡可能にすることは、誰にとっても有益です。

要約すると、日々のデータ作成、収集、使用中に記録すべき情報のリストには次のものが含まれますが、これらがすべてではありません。

- ・使用したコンピュータハードウェア
- ・使用したコンピューターソフトウェア
- ・データを取得/購入等した日付
- ・作業者名
- ・データソース（「陸地測量部から購入」など）
- ・データ取得の際の縮尺/解像度
- ・データが現在保存されている縮尺/解像度
- ・二乗平均平方根による誤差またはその他のデータ品質評価
- ・データセット作成の目的（分かる場合）
- ・元のデータキャプチャの方法（トータルステーションによる調査など）
- ・データを取得した目的（先述の第三者がデータを作成した目的と、データを購入した目的が異なる場合があるため）
- ・データ所有者/所有権の完全な履歴

適用されるプロセス

上記のような情報を記録するだけでなく、データセットの作業を開始するときに多くの場合記録の必要は 1 回だけですが、データの操作および変更手順を記録することも重要です。これにより、データに加える変更を追跡（また必要に応じてそこからの遡及追跡）できるだけでなく、たとえば、あなたや第三者が各地域保有の「遺跡記念物レコード（SMR）」から取得し、独自の GIS に組み込んだデータが、SMR に存在する記録とは異なっているのかを調べ、気づくことができます。あなたはいくつのデータを修正しましたか？ SMR が提供したグリッド参照では遺跡が北海にあることを発見したため、何回グリッド参照を再入力する必要がありましたか？

こういった目的のためにログ（作業記録）を検討すべき情報には下記のものが含まれます。

- ・変更/修正の日付
- ・変更/修正の理由
- ・変更の影響を受けるレコード番号
- ・他リソースとの関係 たとえば、既存のデータセットを数学的フィルターまたはその他の修正フィルターにかけることで新しい GIS データセットが生成される場合、元データと新しいデータとの関係性を正式に記録することが望されます。

既存のデータセットを編集してテキストフィールドのスペルを修正する場合、または似たような操作を行う場合、レコードのひとつひとつに対して行ったすべての修正をリスト化するよりも、単純に「データセット全体でのスペル修正」として記録し、関連して変更したレコード番号を記載するほうがいいでしょう。標高マトリックスを TIN (Triangulated Irregular Network: 不整三角形網) に変換したり、データセット全体を均等に大幅変更するプロセスの場合、このプロセスを実行する際に使用したパラメーターを記録しておくことを推奨します。そうすることで将来的に、あなた（または

第三者) がその作業を繰り返したり、やり直ししたりすることができます。

2.8.4 メタデータのための「ダブリンコア」

文書化すべき情報の多くは、誰かが実際にそのデータを使用する場合に有用で、そのデータにアクセスする潜在的なユーザーによってのみダウンロードされることになるでしょう。ただし特定の情報は、ユーザーが最初にデータをさがす際に重要な要素です。これに関する情報をここで説明します。

世界中の多くの組織では、潜在的なユーザーがデータを検索し、評価する際に役立つ情報を記録するために「ダブリンコア」を使用することが推奨されています。この情報は「リソース発見のためのメタデータ」として知られています。つまり、ユーザーがデータ（「リソース」）を発見するためのデータを指します。

ダブリンコアは、3年以上に及ぶ世界的な開発を通して、15種類の広範なカタゴリまたは要素へと進化してきました。これらの各要素はオプションであり、必要に応じて何度も繰り返すことができ、開発中の下位要素を使用して改良することができます。「Archaeology Data Service (考古学データサービス)」やtDARといったアーカイブ内で使用されるダブリンコアについては、一般的な「プロジェクト・メタデータ」セクションで説明しています。

作成方法

ほとんどの考古学 GIS に見られる複雑なコンピューターファイルのコレクションでは、どのメタデータ・レコード (GIS 全体、すべての「レイヤー」、すべての元データソースなど) を作成するのかを決めるシンプルなルールを作成することは非常に困難です。基本的な指針として、GIS 全体を記述する 1 つのレコードと、システムに格納されている主要なリソース「タイプ」ごとの補助レコードを作成するのが賢明でしょう。たとえば、あなたが新石器時代の埋葬モニュメントと古代ローマの集落の配置を記録した、特定地域の GIS を作成したとします。全体用に 1 つ、新石器時代に 1 つ、古代ローマ時代に 1 つレコードを作成し、最初の 1 つ (GIS 全体) が「親」であとの 2 つが「子」となる 3 つのレコードを作成するのが賢明です。疑問がある場合は、デジタルアーカイブの方にアドバイスを求めてください。

ユーザーが、あなたの作成したレコードと他のユーザーが提供しているレコードを正しく比較するために重要なことは、標準化された用語と表現方法を使用することです。ダブリンコアのシステムにより、ユーザーはダブリンコア要素のある任意のオカレンスに格納されている用語を管理する「スキーム (SCHEME)」を特定できます。したがってユーザーは、「Thesaurus of Monument Types [記念物類型のシソーラス]」(RCHME 1995) を「ダブリンコア・サブジェクト」要素のスキームとして識別し、このシソーラスから参照された用語を使用してリソースを記述します。ダブリンコアの要素はすべて反復可能であるため、ユーザーは（必要に応じて）サブジェクト要素を繰り返し、ゲッティ社の「Art & Architecture Thesaurus [アート & 建築シソーラス]」をスキームとして定義できます。重要なのは、ダブリンコア要素の使用ごとに、1 つのスキームから抽出された用語のみが含

まれていることです。必要な場合はスキームで認められていない「フリーテキスト」で情報を入力することができますが、フリーテキストを使用すると、ユーザーが有意義にリソースを検索することがより難しくなるので、できるだけ避けるべきです。

2.8.5 補助文書: 提供する内容および理由

上述のダブリンコアのカタログエントリ以外にあなたが提供できる最も重要な情報は、データモデルの概念でしょう。

このモデルにより、潜在的なユーザーはあなたの GIS が所有する情報のタイプを比較的迅速に検索でき、全体がどのように関連付けられているのかを把握できます。

典型的な考古学 GIS の場合、データモデルに含まれる有効な情報には次のものがあります。

- ・データベースのフィールド名（および定義）のリスト
例) 住所：記述されている考古学的調査が行われた場所
- ・関連する場合、データベーステーブル間の関係を示す図（図3と同様）
- ・マップ / 範囲 / 「レイヤー」名（および定義）のリスト
例) modernyork：陸地測量部の 1:1,250 縮尺デジタルマッピングから抽出した、調査地域の最新の市街地図

データモデルそのもの以外でも、このセクションでプロジェクトログブックへの入力を推奨している情報のほとんどは、データを利用したい他の人にも同様に役立つため、デジタル形式でデジタルアーカイブに受け継ぎます。

セクション3. GISデータセットのアーカイビング

3.1 アーカイブの準備: ファイルとフォーマット

多くの場合、GIS データにはさまざまなソースからのデータが組み込まれているため、最も安全なデジタル保存の形式はファイルに含まれる情報の種類によって異なります。このセクションでは、GIS ファイル、データベース、画像、ドキュメント、およびメタデータのフォーマットに関する推奨事項を説明します。

重要な特性

GIS ファイルのアーカイブは、次の特性を保存することを目的とします。

- ・座標参照システム情報
- ・ジオメトリ（例：ポイント、ポリゴン、ライン）
- ・属性フィールド
- ・ラスターの場合 - 元の標高モデル、ビットタイプ、カラーマップ、ピクセルタイプ

厳密に言えば、色は GIS データの重要な特性とは見なされません。データの装飾調整は、デジタルオブジェクト自体ではなく、プロジェクトファイル（以下参照）に保存されます。データ作成者が元データの色 / スタイルの記録を要請される場合、これを文書または画像形式で文書化して提供する必要があります。この文書は、データと共に保存できます。

3.1.1 GIS ファイル

2009年のDPC「Technology Watch Report」で強調されて

いるとおり、「たとえば、「Spatial Data Transfer Standard」(SDTS) など、地理空間データのユニバーサルデータモデルを定義する試みが行われてきた … しかしあまり普及していない。そのため、機能的に同等な複数のアプリケーションやフォーマットを扱うことができる単一のタイプの情報として地理空間データを説明することはできない」(McGarva et al 2009, 5)。本ガイドで説明する他のデータタイプと同様に、元のソースデータ（加工していない調査データなど）を GIS 環境外にアーカイブできない場合、アーカイブに最適な GIS データファイルは、オープンフォーマット (GML および KML など)、または広く使用されている標準規格 (ESRI Shapefiles など) となります。このアプローチは、ほとんどの GIS アプリケーションがサポートする多様な（データ形式の）インポート/エクスポート機能や、オープンソース GDAL ライブラリ（ラスター地理空間データ形式）や関連する OGR ライブラリ（ベクターデータ）などのサードパーティのライブラリによっても支えられています [3]。

データの保証を含めて「デジタルデータ作成計画」の章で項目ごとに概観する通り、一般的には、できるだけデータをエンコードしたり圧縮したりしません。

プロジェクトファイル

多くの GIS アプリケーションでは、データの分類、記号化、注釈などを含む統一された方法でデータを保持するため、.apr や .mxd などのプロジェクトファイルを作成することができます。これらのデータは通常、地図、グラフ、図表、

またはそれらの組み合わせとして表示されます。エンドユーザーがこうしたコンテンツを描画する場合は、プロジェクトファイルだけでなく、それをサポートするソフトウェア、関連コンポーネント（場合によってはアドオンまたは拡張機能を含む）、および描画すべきデータが必要です。特定のソフトウェアの使用が必須であること、プロジェクトファイル形式の複雑さ、描画すべきデータ（そのものを内包せず）の場所を示すだけの弱いリンクなどにより、しばしば指摘されるとおり、こうしたプロジェクトファイルは時間が経つにつれ再現できなくなるリスクが高まります。したがって、プロジェクトファイルはアーカイブしないか、最低でも関連データセットの重要な情報の保持には利用しないことを推奨します。

ファイル形式

一般的に、GIS データは地理参照ベクターデータと地理参照ラスターデータという 2 つの主要な形式に分類されます。他の単純なデータタイプとは異なり、GIS ファイルは複数の実体的なファイルまたはオブジェクトで構成されている場合があります。最大 8 個の個別の「ファイル」で構成される ESRI Shapefile がひとつの例です。GIS データをアーカイブする際は、すべての関連ファイルを保存することが必須です。以下の表は、ラスターデータとベクターデータ両方に共通の GIS フォーマットの概要を示していますが、簡潔に言うならば、可能ならばベクターデータは GML 形式、ラスターデータは GeoTIFF 形式でアーカイブすることを推奨します。

地理参照ベクター	
形式	説明
ArcInfo Interchange (.e00)	ファイル共有ネットワークで接続されていない機器において、範囲、INFO データファイル、ARC マクロ言語 (AML) ファイルなどのテキストファイル、およびその他の ArcInfo ファイルを移動するために開発された ESRI 社によるフォーマットである。交換ファイルには、すべての範囲情報と適切な INFO データファイル情報が固定長 ASCII 形式で含まれている。ESRI E00 交換データ形式は、単一 ASCII ファイル内のベクターとラスターの空間情報と記述情報を組み合わせる。主に ArcInfo の異なるバージョン間でファイルを交換するために使用されるが、他の一般的な GIS プログラムでも読み取ることができる。これは保存形式として使用できる。
ESRI Shapefile (.shp, .shx, .dbf, .sbn および .sbx, .fbn および .fbx, .ain および .aih, .prj および .xml)	Shapefile（シェープファイル）は公開されている形式であり、実際にはファイルの集合体である。その数と組み合わせはファイルに保存されているデータの種類によって異なる。Shapefile には非トポジのジオメトリが格納されており、インデックスファイル (.shx) と、shp ファイル内の図型の属性を保持する dBASE ファイルが必要になります。Shapefile には次のファイルが含まれる。 -SHP- フィーチャーのジオメトリを保存するファイル。(必須) -SHX- フィーチャーのジオメトリのインデックスを保存するファイル。(必須) -DBF- フィーチャーの属性情報を格納する dBASE ファイル。(必須) -SBN、SBX- フィーチャーの空間インデックスを保存するファイル。(省略可能) -FBN、FBX- 読み取り専用の Shapefile のフィーチャーの空間インデックスを格納するファイル。(省略可能) -AIN、AIH- テーブルまたはテーマの属性テーブル内のアクティブフィールドの属性インデックスを保存するファイル。(省略可能) -PRJ- 座標系情報を保存するファイル。(省略可能) -XML- メタデータ。(省略可能)

地理参照ベクター	
形式	説明
ジオグラフィックマークアップ言語 (.gml)	GMLは、XMLを使用してフィーチャーを表現します。地理的システムのモデリング言語としてだけでなく、地理データのオープン交換形式としても機能する。これはISO規格(ISO 19136)であり、19100ファミリと総称される他のISO規格に基づいて構築されている。GMLは、標準化団体「Open Geospatial Consortium」によって定義されている。XMLベースのスキーマおよびISO標準である。GMLは保存形式として非常に適しており、GISデータに推奨されている。
Keyhole Markup Language (KML)	当初Google Earthアプリケーションで使用するために開発されたXMLベースの形式であったが、現在はOpen Geospatial Consortiumの国際標準になっている。
MOSSエクスポート	MOSS GISソフトウェアからのエクスポート形式であるため、他のアプリケーションにインポートする際に問題が発生する場合があり、推奨される形式ではない。
MapInfo Interchange Format (.mifおよび.mid)	MapInfoは一般的に使用されるGISソフトウェアパッケージである。.mifファイルにグラフィックスが含まれる場合、.midコンポーネントには区切りテキストである属性データが含まれる(オプション)。この形式は標準形式であり、他のほとんどのGISプログラムで読み取ることができる。この形式はASCIIベースのオープンフォーマットであり、保存のために用いることのできる形式であるが、MapInfo製品はさらに保存に適したGMLもサポートしている。
National Transfer Format (NTF)	NTF形式は、主に、過去に英國陸地測量部で使用されてきたものである。他の形式への変換も広くサポートされており、OGRライブラリによってサポートされている(読み取りアクセス)。
Spatial Data transfer standard (.ddf)	Spatial Data Transfer Standard (SDTS)は、異なるコンピュータシステム間でデータベースを転送するためのデータ交換形式であり、意味を保持しており、データを記述するために必要な外部情報を最小限に抑える。特定の特徴点、円弧、グリッドデータにのみ使用できる。1つの範囲では、.ddfという拡張子を持つファイルが多数生成される。
Vector Product Format (.vpf)	Vector Product Format (VPF)は、米国防総省の規格である。国家地理空間情報局(NIMA)は、さまざまな縮尺で開発されたデジタルベクター製品にVPFを使用している。VPFは、「Digital Geographic Information Exchange Standard[デジタル地理情報交換規格]」(DIGEST)として国際空間規格にも採用されている。Vector Product Format(VPF)の範囲とテーブルは、ARC/INFOファイルとINFOテーブルに変換できる。

地理参照ラスター	
フォーマット	説明
Geo-referenced TIF Image/GeoTIFF .tif (.rrd,.aux .xml)	GeoTIFFは、画像データと関連する地理情報を提供するメタデータ形式。TIFFファイルの構造により、メタデータと画像データの両方を同一ファイルにエンコードできる。GeoTIFFファイルは、ファイル内のタグに投影法情報を埋め込み、正しいジオレジストレーション[地理登録]を用いて自動的にインポートします。GeoTIFFを使用して保存した画像は、拡張子が.tifまたは.tifの1ファイルのみを必要とするが、GeoTIFFを、「TFW」形式と呼ばれる.tifファイルを使用する別の形式と混同しないように注意する。TFW形式では、.tifファイルと.tfwワールドファイルの2つのファイルを使用して地理参照情報を提供する。TFWはGeoTIFFとは異なる。さらに注意すべきなのは、一部のパッケージがGeoTIFFファイルと.tfwワールドファイルの両方を作成してしまうことである。このような場合に作成される.tfwファイルは、GeoTIFF規格の一部ではない。GeoTIFFは、Tifワールドファイルに適した形式である。
ESRI GRID (.adf, .asc, .grd)	ESRI GRIDは、Esri社が開発したラスターGISファイル形式で、2つの形式がある。1つ目は、拡張子.adfの独自のバイナリ形式で、ARC / INFO GRID、ARC GRID、および他の多くのバリエーションがある。詳細については、バイナリバージョンのESRIの文書を参照。2番目は、ファイル拡張子が.ascのARC / INFO ASCII GRIDとして知られているプライエタリではないASCII形式であるが、最近のESRIソフトウェアのバージョンでは拡張子.grdも認められている。どちらの文書もオンライン上で確認できる[1][2]。
JPG World .jpg & jgw (.rrd,.aux,.xml)	先述のTif Worldファイルと同様、これらのファイルはジオリファレンス情報を含むWorldファイルとともに標準のJPGファイルで構成される。

データベースファイル

GIS システムに接続されている外部データベース（例：属性データを含むデータベース）がある場合は、これらもアーカイブしようと考えるでしょう。データベースデータに最適なアーカイブ方法の詳細については、データベースとスプレッドシートの章をご覧ください。

画像ファイル

GIS 上のどの範囲画像も、または GIS で使用されたどのような画像もアーカイブする必要はありません。ただし、ある画像があなたの研究プロジェクト、およびあなたの行った研究を記録するために有用ならば、その画像をアーカイブしたほうが 1,000 語以上の文書を作成するより役に立つ場合があります。1 つ例をあげると、たとえばある一定のパターンで剥片が住居の床に散布している画像があれば、そこで石器づくりが行われていたことを裏付けることができるでの、その画像はあなたの研究に役に立つことになるでしょう。

ラスター画像のアーカイブの詳細については、ラスター画像の章を参照ください。

3.1.2 GIS、データベース、画像ファイルに付属する文書とメタデータ

データセット（GIS ファイル、データベースファイル、画像ファイル）には、セクション 3.2 と 3.3 で説明されている詳細

な文書を添付する必要があります。これらは一般的なガイドラインであり、個々のアーカイブは、GIS や空間データセットを含むメタデータの形式 / コンテンツのための特定要件が要求される場合があります（例：一部のアーカイブでは、それらをデータとともに文書として要求するかもしれません。一方、tDAR といった他のアーカイブでは、ユーザーが寄託したリソースのメタデータを作成できるようにインターラクティブな Web フォームを利用します。）

- [1] <http://support.esri.com/en/knowledgebase/techarticles/detail/30616>
- [2] [http://docs.codehaus.org/display/GEOTOOLS/Arclnfo+ASCII+Grid+format#ASCIIGrid\(*\)](http://docs.codehaus.org/display/GEOTOOLS/Arclnfo+ASCII+Grid+format#ASCIIGrid(*))
- [3] [http://www.gdal.org/ogr/\(*](http://www.gdal.org/ogr/(*)

3.2 プロジェクトレベルのメタデータ

セクション 2.8 で説明したように、データセットに付属する文書は、第三者がデータを理解可能なかたちで作成する必要があります。セクション 2.8 で推奨された特定文書（特にセクション 2.8.4 および一般的なプロジェクト・メタデータの章で説明するダブリンコア要件）に加えて、下表は、GIS データセットに付随する必要がある一連のプロジェクトレベル・メタデータの概要を示しています。

プロジェクト名	
ソースプロジェクトの履歴	プロジェクトの目的 研究のトピック 地理的および時間的範囲 その他の関連情報
手法に関する情報	データセット作成方法 ジオリファレンスデータ作成方法 整合性チェック 誤差修正 使用したサンプリング方法 その他の関連情報
データセット作成に使用されるソース資料の詳細	机上評価において調査したアーカイブ 遺跡グリッドや分布調査のジオリファレンスに使用したマップ 遺跡の先行発掘調査とその評価 データ選択またはサンプリングの手順 ソースデータの更新/結合/拡張の手順 ソース資料に留保されている既知の著作権に関する記載
データセットの内容と構造	ファイル名と内容についての記述のリスト 割り当てられた識別番号の記述 使用コードのリスト、およびその意味 既知誤差の記述 既知の脆弱領域の説明 派生変数またはカバレッジの詳細 データ辞書（ある場合） 新規システム / フォーマットへの記録変換に関する文書 データセットの文書化に使用された記録管理システムの説明 主要プロジェクトスタッフ名 データセットへのフォーマット変更履歴 データセットの使用方法に関する履歴 その他の関連情報
データセットと他のアーカイブ / 出版物との関連性の詳細	遺跡またはプロジェクトに関する出版物の書誌参照情報 データセットに関連する資料を含むアーカイブ、博物館、SMR、NMR などに関する情報 データセットに関連する非公開資料についての情報

3.3 データ固有の文書化とメタデータ

以下のセクションでは、セクション2で説明した特定のデータタイプとプロセスで推奨される追加的な文書およびメタデータについて要約しています。データ作成者には、本ガイドのセクション2の関連ページを参照することをお勧めします。

- ・3.3.1 ベクターモデル
- ・3.3.2 ラスター モデル
- ・3.3.3 属性データ モデル
- ・3.3.4 スキャナーを使用したキャプチャーデータ
- ・3.3.5 デジタイザーを使用したキャプチャーデータ
- ・3.3.6 スキャナーとデジタイザーを併用したキャプチャーデータ
- ・3.3.7 空間データの共通ソース
- ・3.3.8 属性データの共通ソース
- ・3.3.9 地図と図面
- ・3.3.10 テキストおよび数値データ
- ・3.3.11 購入またはダウンロードしたデジタルデータ
- ・3.3.12 空中写真
- ・3.3.13 衛星および空中リモートセンシング画像
- ・3.3.14 測量調査
- ・3.3.15 衛星ベースの調査 (GPS)
- ・3.3.16 GISデータベースの作成
- ・3.3.17 データセットの文書化

3.3.1 ベクターモデル

ベクターデータを収集、編集、使用する場合は必ず、次の情報を記録する必要があります。

- ・データタイプ、ポイント、ラインまたはポリゴン
- ・ファイルに含まれるトポロジのタイプ
- ・テーマに適用した自動ベクター処理の詳細
- ・ファイル内のトポロジの状態
- ・投影システム
- ・座標系

3.3.2 ラスター モデル

ラスター モデルを収集、編集、使用する場合は、次の情報を常に記録する必要があります。

- ・グリッドサイズ (行/列の数)
- ・グリッド解像度
- ・ジオリファレンス情報 (例: 頂点座標、ソースの投影)

3.3.3 属性データ モデル

フレキシブルな属性データベースを構築 / 整理する場合、次の要素が非常に重要になります。

- ・命名規則
- ・キーフィールド
- ・文字フィールドの定義
- ・グリッド参照
- ・検証
- ・数値データ
- ・データ入力制御
- ・信頼値
- ・一貫性
- ・文書
- ・日付

3.3.4 スキャナーを使用したキャプチャーデータ

- ・使用したスキャンデバイス、ソフトウェアドライバ、およびバージョンの詳細
- ・デバイスの解像度設定、使用するピクセルあたりのピット数など、スキャンプロセスで選択されたすべてのパラメーター
- ・ソースマップシート上で行われた前処理の詳細。使用する特定のスキャンソフトウェアによって提供される一連のオプションが含まれる場合があります。
- ・ノイズ低減またはコンボリューションフィルターによる鮮鋭化、ヒストグラム均等化、コントラスト調整など、データに対して行われた後処理の詳細

3.3.5 デジタイザーを使用したキャプチャーデータ

- ・使用したデジタル化デバイス、ソフトウェアドライバ、およびバージョンの詳細
- ・精度 (通常は引用された解像度またはipiとして指定)
- ・テーマに適用した自動ベクター処理の詳細 (snap-to-nearest ノードなど)
- ・デジタイザーから実空間の平面座標系への変換を管理するための制御点の詳細
- ・上記の変換プロセスで発生した誤差 (引用された RMS など)

3.3.6 スキャナーとデジタイザーを併用したキャプチャーデータ

たとえば、「ヘッドアップ・デジタイズ」中にスキャナーとデジタイザーの両方を使用してデータをキャプチャする場合、デジタル化とスキャン手順の両方に関する上記の情報をすべて記録する必要があります。

3.3.7 空間データの共通ソース

- ・地図と図面
- ・テキストおよび数値データ
- ・購入またはダウンロードしたデジタルデータ
- ・空中写真
- ・衛星および空中リモートセンシング画像
- ・地上調査データ
- ・衛星ベース (GPS) のデータ

3.3.8 属性データの共通ソース

以下は、あなたが見つけ出し再利用する可能性のある属性データのソースの例です。

- ・紙ベースのカードインデックス
- ・考古学遺跡や分布調査のアーカイブ (紙ベースの記録、出土品データベースを含む)
- ・雑誌に掲載された定性的研究の報告書や記事 (紙ベースまたはインターネット)
- ・マイクロフィッシュアーカイブ
- ・地球物理学探査プロットにもとづく解釈データ
- ・形状解析属性データと写真ソース情報を含む空中写真の判読
- ・型式データベースまたは遺物型式分類
- ・「English Heritage Open Fields Project」のような地方レベルの大規模統合型歴史的景観研究データ
- ・地域単位の考古学データベース (例: 遺跡記念物レコード (SMR) や、SMR とは別に作成されている都市考古学データベース: Urban Archaeological Databases)

- ・地域博物館と遺物データベース
- ・地域記録当局
- ・国の考古学データベース（例：英國の各地域別国家遺跡レコード：NMR※イングランド、スコットランドなど、イングリッシュ・ヘリテージ指定遺跡データベースなど）
- ・庭園トラスト（Gardens Trust）調査
- ・地方自治体が管理する歴史的建造物調査とデータベース
- ・データセットに関するメタデータ

3.3.9 地図と図面

一般的に、次の情報は常に記録する必要があります。

- ・出版社および著作権所有者
- ・地図媒体
- ・ソースマップの縮尺
- ・地図とマップシリーズの名前
- ・個別の地図コンポーネントの正確度
- ・使用された地図投影法と座標系の詳細

3.3.10 テキストおよび数値データ

テキストデータと数値データを統合する場合、次の情報を記録する必要があります。

- ・データソース
- ・引用した座標の精度
- ・引用した場所の検証とその方法
- ・投影システム/座標原点
- ・ソースマップから派生している場合、使用したマップベースの記録詳細
- ・分布調査から派生した場合、調査手順の記録詳細

3.3.11 購入またはダウンロードしたデジタルデータ

いくつかの標準形式と規格があります。

- ・British Standard 7567 (NTF: National Transfer Format) 陸地測量部がデジタル製品の提供と転送に使用するフォーマット
- ・National Geospatial Data Framework (NGDF) の推奨事項
- ・SDTS (Spatial Data Transfer Standard)、米国連邦情報処理標準 (FIPS)
- ・USGS のベクター情報提供用に使用される DLG (Digital Line Graph) 形式
- ・DRG (Digital Raster Graphics) : USGS がスキャンしたマップシートの配布用に提供した記述
- ・DXF (Digital eXchange Format) 形式：通常、CAD システム間で図面を転送するために使用される

3.3.12 空中写真

スキャンおよび修正された空中写真を GIS データベースに組み込むには、次の情報を記録する必要があります。

- ・写真の完全詳細
- ・スキャンプロセスの詳細
- ・使用した補正方法の詳細
- ・使用したソフトウェア（可能な場合、選択設定したパラメーターも）
- ・使用した地上基準点 (GCP) に関する詳細
- ・データに対して行われた後処理の詳細

3.3.13 衛星および空中リモートセンシング画像

リモートセンシング・データを GIS データベースに組み込

むには、次の情報を記録する必要があります。

- ・データソース
- ・画像取得日
- ・データ解像度
- ・データに対して行われた後処理の詳細
- ・使用した修正方法の詳細
- ・使用したソフトウェア（可能な場合、選択した特定パラメーターも）
- ・使用された地上基準点 (GCP) に関する詳細

3.3.14 測量調査

調査データから派生した主題データを統合する場合、以下を記録する必要があります。

- ・測量基準点の座標ソースおよび推定誤差
- ・測量の詳細（日時と目的含む）
- ・測量対象の構成の詳細
- ・使用した機器の種類やモデル
- ・測量の種類（等高線、フィーチャー（遺構・建造物等）など）
- ・二対回観測座標の推定誤差および（必要な場合は）標高値 (z 座標)
- ・ジオリファレンス情報、測量データ全体の正確度

3.3.15 衛星ベースの調査(GPS)

GPS データを統合する場合、次の情報を記録する必要があります。

- ・ステーションの位置を確認する方法：C/A または P コード擬似距離測定、搬送波位相測定、および単一測定か平均化処理（一定期間によるものを含む）か
- ・座標変換および誤差推定に使用したソフトウェア
- ・位置特定および観測 GDOP (幾何学的精度劣化係数) の取得に使用された衛星
- ・実施した差分補正の特性 + 誤差推定
- ・ブロードキャストの差分：サービスプロバイダーと基地局名および場所
- ・ローカル基地局：機器の詳細、基地局の位置（推定誤差を含む）
- ・後処理：使用したソフトウェアと修正データのソース

3.3.16 GIS データベースの作成

各種ソースから情報を組み合わせて統合する場合、次の点に留意する必要があります。

- ・空間データはすべて、同じ座標系で記録する必要があります。他のシステムに記録されたデータは、必要なレベルの座標系に変換/投影する必要があります。
- ・すべての空間データは、同じ空間解像度または縮尺に修正する必要があります。1:250 の縮尺で記録された空間データ（掘削現場計画など）と、1:250,000 の縮尺で記録された道路配列を組み合わせても、意味のあるデータは生まれません。約 1:10000 を超える縮尺で記録された空間データには、フィーチャーの衝突を回避するためにかなり配列を概括しています。
- ・結合または統合する非空間情報には、同じフィールド定義、エンコード方式などを使用してください。異なるスキームを使用する場合、データを必要なスキームに変換または解釈する必要があります。

3.3.17 データセットの文書化

使用データの取得元に関する情報は、GIS の構築および使用中に記録される最も重要な情報の 1 つです。日々のデータ作成、収集、使用中に記録すべき情報のリストには次のものが含まれますが、これがすべてではありません。

- ・使用したコンピュータハードウェア
- ・使用したコンピューターソフトウェア
- ・データを取得/購入等した日付
- ・作業者名
- ・データソース（「陸地測量部から購入」など）
- ・キャプチャーデータの縮尺/解像度
- ・現在保存されているデータの縮尺/解像度
- ・RMS（二乗平均平方根）誤差またはその他のデータ品質評価
- ・データセット作成の目的（知っている場合）
- ・元のデータキャプチャの方法（トータルステーションによる調査など）
- ・あなたがデータを取得した目的（先述の第三者がデータを作成した目的と、あなたがデータを購入した目的が異なる場合があるため）
- ・データ所有権/権利の完全履歴

付録1: ケーススタディ - GIS データセットの登録

ケーススタディの概要

前のセクションで説明したように、アーカイブに登録されたデータには、適切な文書を添付する必要があります。このプロセスを説明するために、実際の考古学プロジェクトのデータに基づいた簡単なケーススタディを紹介します。

保存用に準備されたデータは、主に Arc/Info エクスポートファイルと、GIS の主要なカバレッジのポストスクリプト画像で構成されていました。文書化することの重要性は、すぐに明らかになります。もし、あなたがこのデータを受け取ったときに、そのデータが主に Arc/Info エクスポートファイルで構成されていることしか知らなかつたとしたらなにができるでしょうか？想像してみてください。

文書化

幸運なことに、登録者であるヨーク大学の Julian Richards 博士は、エクスポートファイルに加えて、WordPerfect のテキストファイルを提供してくれました。このソフトウェアにアクセスできる方は、オリジナルの WordPerfect ファイル（情報）を見ることができます。しかし誰もが WordPerfect ファイルを読めるわけではないので、ドキュメントは HTML に移行されました。

コッタム (Cottam) プロジェクトの背景情報

by Julian Richards

イースト・ヨークシャー州のコッタムとカウラムの教区に 8 ~ 10 世紀の集落跡があることは、1987 年以降、バロウハウス牧場西側の畠で金属探知機を使って発見された 200 個以上の金属遺物の分布から初めて明らかになりました。発見された金属遺物の大部分は Yorkshire Archaeological Journal に掲載されました (Haldenby 1990, 1992, 1994)、その段階では、無許可の金属探知の危険性を考慮して、遺跡の位置は明らかにされませんでした。最初に金属探知機を使用して遺物を発見したグループは、それぞれの発見位置の概略を記録しており、その分布は長方形のクロップマークのエンクロージャーと一致することが分かっていました。アングロ・サクソン時代やアングロ・スカンジナビア（北海帝国）時代の農村遺跡はイギリスでは珍しく、分布調査、地球物理探査、試掘による考古学的評価を行うことにしました (Richards 1994)。1993 年から 96 年にかけて、ヨーク大学考古学部、アースウォッチ、ブリティッシュ・アカデミーがスポンサーとなり、3 シーズンの発掘調査が行われました。評価の目的は以下の通りです。

1. クロップマークと 8 ~ 10 世紀の出土品との関係を調べる。
2. 集落活動の性質を明らかにする
3. 耕作地の損傷の程度と居住層の残存状況の評価
4. 考古学的および環境的サンプルの回収

GIS の役割は、さまざまなカテゴリの証拠を統合し、遺跡の内部と、その周囲のより広い景観の中での空間的発展を理解することにありました (Richards 1996)。この問題は、ノーサンブリア地方の中世初期の集落パターンの発展を理解する上で非常に重要であると考えられています。ARC/INFO では、以下のようないくつかのデータクラスに対してカバレッジを定義しました。

1. 金属探知機によって記録された金属製アーティファクトの分布。
2. 航空写真的範囲
3. 2 シーズンのフィールドウォーキングで収集されたデータ。
4. 磁力計と比抵抗の調査データ
5. 試掘から得られた証拠。

このデータには、ポイント、ライン、ポリゴンの情報が含まれています。関連する属性表には、金属探知機の使用者や、正式な発掘の際に回収された遺物を含め、遺物の分布パターンを作成するための詳細な遺物情報が含まれています。最終的な発掘レポートは現在準備中です (Richards in prep.)。

Haldenby, D. 1990 'An Anglian site on the Yorkshire Wolds', Yorkshire Archaeological Journal 62, 51-63
- 1992 'An Anglian site on the Yorkshire Wolds', Yorkshire Archaeological Journal 64, 25-39

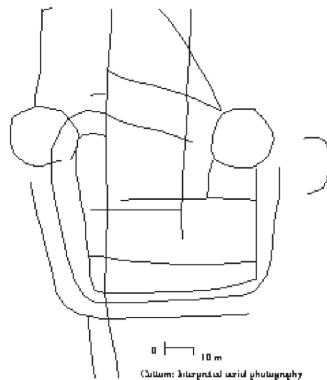
- 1994 'An Anglian site on the Yorkshire Wolds - Part III', Yorkshire Archaeological Journal 66, Richards, J.D. 1994 "Cottam Evaluation" Yorkshire Archaeological Journal 66, 57-8
- 1996 "Putting the site in its setting: GIS and the search for Anglo-Saxon settlements in Northumbria" Analecta Praehistorica Leidensia 28, 377-86
- Richards, J.D. in prep 'Cottam: An Anglian and Anglo-Scandinavian Settlement on the Yorkshire Wolds'

データとメタデータ

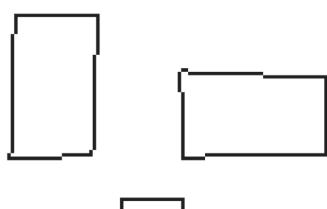
このプロジェクトの背景となる文書は、実際のデータセットに添付されています。このケーススタディの残りの部分では、画像ファイルについてのみ説明します。

コッタムの主な航空写真的解釈を示したオリジナルの画像ファイルは、ポストスクリプトファイル (info) として登録されました。閲覧を容易にするため、ここではウェブ形式のバージョンを掲載しています。

登録時に提供されたメタデータは、この画像の背景情報を提供しています。



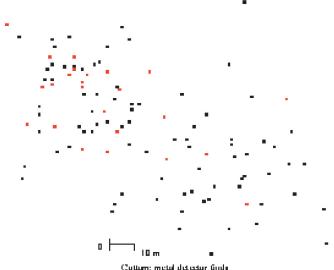
画像のダブリンコア・メタデータ	
タイトル	コッタム B エンクロージャー航空写真トランスクリプション
作成者	John Duffy が画像を判読、転写
対象	集落、発掘、測量、航空写真、アングロ・サクソン
説明	この空中写真判読は、Julian Richards が指揮したコッタム B プロジェクトの、発掘後の分析の際に作成された。画像は Autocad から Arc/Info にインポートされた。このアングロ・サクソンの集落は、ヨークシャー州、ヨークの東に位置するウォルズ地方にある。
出版者	この画像は Archaeology Data Service により配布が許可されている。
作成日	1998年
タイプ	画像
フォーマット	postscript (eps) and gif
識別子	http://ads.ahds.ac.uk/images/ap.gif
ソース	英国土立記念物委員会が所蔵する航空写真
言語	英語
リレーション	ヨーク大学考古学部の Julian Richards 氏が保有する大規模な GIS データセットから派生したもの。データは Humberside Sites and Monuments Record の遺跡 6865 である。RCHME National Excavation Index for England では、遺跡は「Burrow House Farm, Cottam」と呼ばれている。
空間的カバレッジ	4976 4667
時間的カバレッジ	中世前期 - この用語は、MIDAS の管理リスト (RCHME 1998) に基づいています。
権利	画像は、Archaeology Data Service の登録ユーザーが自由にアクセスできる。



登録時に提供されたメタデータは、この画像の背景情報を提供しています。

画像のダブリンコア・メタデータ	
タイトル	コッタム 1993年発掘調査トレーニングのアウトライン
作成者	Julian Richards
対象	集落、発掘、アングロ・サクソン
説明	1993年に行われたコッタムの発掘調査のためのトレーニングの位置をこの画像に示している。データは EDM を用いて収集され、Arc/Info にダウンロードされた。このアングロ・サクソンの集落は、ヨークシャー州、ヨークの東に位置するウォルズ地方にある。
出版者	この画像は Archaeology Data Service により配布が許可されている。
作成日	1995年
タイプ	画像
フォーマット	postscript (eps) and gif
識別子	http://ads.ahds.ac.uk/images/trenchi2.gif
ソース	EDM 測量
言語	英語
リレーション	ヨーク大学考古学部の Julian Richards が保有する大規模な GIS データセットから派生したもの。データは Humberside Sites and Monuments Record の遺跡 6865 である。RCHME National Excavation Index for England では、遺跡は「Burrow House Farm, Cottam」と呼ばれている。
空間的カバレッジ	4976 4667
時間的カバレッジ	中世前期 - この用語は、MIDAS の管理リスト (RCHME 1998) に基づいている。
権利	画像は、Archaeology Data Service の登録ユーザーが自由にアクセスできる。

最後の 3 つ目の画像ファイルは、コッタムで発見された金属製遺物の位置を示したものである。これはポストスクリプトファイル（情報）として入手可能で、ウェブで閲覧可能なバージョンがここに含まれています。



画像のダブリンコア・メタデータ	
タイトル	コッタム 1993年金属探知機による発見物の位置記録
作成者	Dave Haldenby が調査、Tony Austin がデータを入力し、Julian Richards が GIS を管理した
対象	集落、発掘、測量、金属遺物、コイン、アングロ・サクソン
説明	Julian Richards が指揮した Cottam B プロジェクトの発掘後の分析の一環として、金属探知機で発見された金属物をプロットした。データは Paradox のデータベースに入力され、Arc/Info にエクスポートされた。このアングロ・サクソンの集落は、ヨークシャー州、ヨークの東に位置するウォルズ地方にある。
出版者	この画像は Archaeology Data Service により配布が許可されている。
作成日	1995年
タイプ	画像
フォーマット	postscript (eps) and gif
識別子	http://ads.ahds.ac.uk/images/metal-de.gif

画像のダブリンコア・メタデータ	
ソース	金属探知機による調査
言語	英語
リレーション	ヨーク大学考古学部の Julian Richards が保有する大規模な GIS データセットから派生したもの。データは Humber Side Sites and Monuments Record の遺跡 6865 である。RCHME National Excavation Index for England では、遺跡は「Burrow House Farm, Cottam」と呼ばれている。
空間的カバレッジ	4976 4667
時間的カバレッジ	中世前期 - この用語は、MIDAS の管理リスト (RCHME 1998) に基づいている。
権利	画像は、Archaeology Data Service の登録ユーザーが自由にアクセスできる。

6.3 項で述べたように、ADS はメタデータの作成を支援するツールを開発しています。これにより、各フィールドの自由記述ではなく、標準的で構造化されたメタデータの作成が容易になります—メタデータを使ってデータセットを検索する際には重要です。

仕事が多過ぎる？

GIS データセット全体の登録を検討する場合、レイヤーごとにここまで詳細なメタデータ・レコードを作成する必要はないかもしれません。この 3 つの画像のメタデータは重複しているので、アーカイブしたい GIS データセット全体の内容を記述した単一のメタデータ・レコードを作成するという方法も考えられます。この場合、GIS データセット内のテーマを特定できるだけの主題キーワードを使用することが重要になります。

付録 2: GIS Guide to Good Practice に至るまで

次のサブセクションでは、最適な文書化の経路をいくつか提案しています。これらは、GIS データベースの設計、使用、保守、およびアーカイブの過程で頻繁に行われる作業に関連しています。それぞれのケースでは、ルーチンワークとしての GIS 作業が特定され、それに関する文書のチェックリスト (ガイド全体に記載されている箇条書きのリスト) が強調されています。ここで紹介する経路は、何もかもを網羅しようとしたり、事前にきっちりと規定した項目として提示することを意図したものではありません。タスクは重なることが多く、またデータ入力に携わる人はデータベースの管理やアーカイブの業務にも密接に関わっていることがしばしばあります。

したがって実務者は、ここで紹介した経路をテンプレートとして使用し、独自の「グッドプラクティス」チェックリストを作成することをお勧めします。これらのチェックリストは、コンピュータのそばの壁に貼ったり、デジタイザーやスキャナーなどの機器に貼り付けたり、組織内の他の実務者に「ミニガイドライン」として配布することができるでしょう。

マップシートのデジタル化

GIS データベース全体にマップシートを組み込む際には、以下のチェックリストを参照する必要があります。

- ・マップとプラン (2.5)
- ・ベクトルデータモデル (2.1)

- ・デジタル化 (2.5)

マップシートのスキャン

マップシートを GIS データベース全体に組み込むたびに、次のドキュメント チェックリストを参照する必要があります。

- ・マップとプラン (2.5)
- ・ラスターデータモデル (2.1)
- ・スキャン (2.5)

航空写真の統合

ここでは、航空写真を GIS データベース全体に組み込む際に、以下のドキュメント チェックリストを参照する必要があります。

写真をスキャンする場合

- ・航空写真 (2.5)
- ・ラスターデータモデル (2.1)
- ・スキャン (2.5)

デジタル化する場合

- ・航空写真 (2.5)
- ・ベクターデータモデル (2.1)
- ・デジタル化 (2.5)

ヘッドアップデジタイジングする場合

- ・航空写真 (2.5)
- ・ラスターデータモデル (2.1)
- ・スキャン (2.5)
- ・ベクターデータモデル (2.1)
- ・デジタル化 (2.5)

遺跡記念物レコード (SMR) データの統合

SMR データを GIS データベース全体に統合するたびに、以下の文書チェックリストを参照する必要があります。

空間コンポーネントについて

- ・マップとプラン (2.5)
- ・テクスチャと数値データの統合 (2.5)
- ・必要に応じた Vector または Raster データモデル (2.1)

属性コンポーネントの場合

- ・柔軟性のある属性データベースの構造化および整理の際に考慮すべき事項 (2.1)

- ・データ標準 (2.3)

GIS データベースの設計

プロセスの計画段階で以下の文書チェックリストを参照する必要があります。

- ・属性データベースの組み合わせと統合 (2.1)
- ・レイヤーとテーマ (2.3)
- ・ベクトル、ラスター、または複合形式の空間データベースの選択 (2.5)
- ・著作権の問題 (2.7)

GIS データベースの定期的なメンテナンス

次の文書チェックリストを定期的に参照する必要があります。

- ・データのソース (2.8)
- ・適用されたプロセス (2.8)
- ・ダブリンコア・メタデータ (2.8)

参考文献

- Aldenderfer, M. and Maschner, H.D.G. (eds) 1996. *Anthropology, Space, and Geographic Information Systems*. New York: Oxford University Press.
- Allen, K.M.S., Green, S.W. and Zubrow, E.B.W. (eds) 1990. *Interpreting Space: GIS and archaeology*. London: Taylor & Francis.
- Andresen, J., Madsen, T. and Scollar, I. (eds) 1993. *Computing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, CAA92*. Aarhus: Aarhus University Press.
- Aronoff, S. 1989. *Geographical Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa: WDL Publications.
- Arroyo-Bishop, D. and Lantada Zarzosa, M.T. 1995. To be or not to be: will an object-space-time GIS/AIS become a scientific reality or end up an archaeological entity? In G. Lock and Z. Stancic (eds) *Archaeology and Geographical Information Systems: a European Perspective*: 43-54. London: Taylor & Francis.
- Batini, C., Ceri, S. and Navathe, S. 1992. *Conceptual database design: an entity-relationship approach*. Benjamin Cummins.
- Biswell, S., Cropper, L., Evans, J., Gaffney, V. and Leach, P. 1995. GIS and excavation: a cautionary tale from Shepton Mallett, Somerset, England. In G. Lock and Z. Stancic (eds) *Archaeology and Geographical Information Systems: a European Perspective*: 269-285. London: Taylor & Francis.
- Brandt, R., Groenewoudt, B.J. and Kvamme, K.L. 1992. An experiment in archaeological site location: modelling in the Netherlands using GIS techniques. *World Archaeology* 24: 268-282.
- Bugayevsky, L.M. and Snyder, J.P. 1995. *Map Projections: A Reference Manual*. London: Taylor & Francis.
- Burrough, P.A. 1986. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford: Clarendon Press.
- Castleford, J. 1992. Archaeology, GIS and the time dimension: an overview. In G. Lock, and J. Moffett (eds) *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1991*: 95-106. Oxford: Tempus Reparatum, British Archaeological Reports International Series S577.
- Clancy, J. 1991. *Site surveying and levelling*. London: Edward Arnold.
- Claxton, J.B. 1995. Future enhancements to GIS: implications for archaeological theory. In G. Lock and Z. Stancic (eds) *Archaeology and Geographical Information Systems: a European Perspective*: 335-348. London: Taylor & Francis.
- Cox, C. 1992. Satellite imagery, aerial photography and wetland archaeology. *World Archaeology* 24 (2): 249-67.
- Date, C.J. 1995. *An introduction to database systems*, 6th edition. Addison-Wesley.
- Defence Mapping Agency, 1984. *Geodesy for the Layman*. US Naval Observatory Report TR 80-003, Washington D.C., 16th March 1984.
- DeMers, M.N. 1997. *Fundamentals of Geographic Information Systems*. New York, John Wiley & Sons.
- ESRI 1996. *The GIS Glossary*. Environmental Systems Research Institute, Inc
- Evenden G.I. 1983. *Forward and inverse cartographic projection procedures*. US Geological Survey Open-File Report 83-623.
- Evenden G.I. 1990. *Cartographic projection procedures for the UNIX environment - a user's manual*. US Geological Survey Open-File Report 90-284.
- Fotheringham, S. and Rogerson, P. (eds) 1994. *Spatial analysis and GIS*. London: Taylor & Francis.
- Gaffney, V. and Stancic, Z. 1991. *GIS approaches to regional analysis: A case study of the island of Hvar*. Ljubljana: Znanstveni inštitut Filozofske fakultete, University of Ljubljana, Yugoslavia, (reprinted 1996).
- Gaffney, V. and Stancic, Z. 1992. Diodorus Siculus and the island of Hvar, Dalmatia: testing the text with GIS. In G. Lock, and J. Moffett (eds) *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1991*: 113-125. Oxford: Tempus Reparatum, British Archaeological Reports International Series S577.
- Gaffney, V. and van Leusen, P.M. 1995. Postscript - GIS, environmental determinism and archaeology. In G. Lock and Z. Stancic (eds) *Archaeology and Geographical Information Systems: a European Perspective*: 367-382. London: Taylor & Francis.
- Gaffney, V., Stancic, Z. and Watson, H. 1995. The impact of GIS on archaeology: a personal perspective. In G. Lock and Z. Stancic (eds) *Archaeology and Geographical Information Systems: a European Perspective*: 211-230. London: Taylor & Francis.
- Gaffney, V., van Leusen, M., and White, R. 1996. Mapping the Past: Wroxeter and Romanisation, in T. Higgins, P. Main, and J. Lang, (eds) 1996. *Imaging The Past. Electronic Imaging and Computer Graphics in Museums and Archaeology*: 259-270. London: British Museum Occasional Paper Number 114.
- Gaffney, V., Ostir, K., Podobnikar, T. and Stancic, Z. 1996. Satellite imagery and GIS applications in Mediterranean landscapes. In H. Kamermans and K. Fennema (eds) *Interfacing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology CAA95*: 337-342. Leiden: University of Leiden, Analecta Praehistorica Leidensia 28. (2 volumes).
- Gillings, M. 1995. Flood dynamics and settlement in the Tisza valley of north-east Hungary: GIS and the Upper Tisza project. In G. Lock and Z. Stancic (eds) *Archaeology and Geographical Information Systems: a European Perspective*: 67-84. London: Taylor & Francis.
- Gillings, M. and Goodrick, G.T. 1996. Sensuous and reflexive GIS: exploring visualisation and VRML. *Internet Archaeology* 1 [online]. Available from http://intarch.ac.uk/journal/issue1/gillings_index.html.

- Guillot, D. and Leroy, G. 1995. The use of GIS for archaeological resource management in France: the SCALA Project. In G. Lock and Z. Stancic (eds) *Archaeology and Geographical Information Systems: a European Perspective*: 15-26. London: Taylor & Francis.
- Gurtner, W. 1994. *RINEX: The receiver Independent Exchange Format Version*. Available from <http://www.eng.auburn.edu/~yoonseo/gpswww/documents/rinex2.txt>
- Gurtner, W. and Mader, G.M. 1990. *The RINEX Format: Current Status, Future Developments*. Available from <http://www.eng.auburn.edu/~yoonseo/gpswww/documents/rinex.txt>
- Harris, T.M. and Lock, G.R. 1990. The diffusion of a new technology: a perspective on the adoption of geographic information systems within UK archaeology, in K.M.S. Allen, S.W. Green and E.B.W. Zubrow (eds) *Interpreting Space: GIS and archaeology*: 33-53. London: Taylor & Francis.
- Harris, T. and Lock, G. 1995. Toward an evaluation of GIS in European archaeology: the past, present and future of theory and applications. In G. Lock and Z. Stancic (eds) *Archaeology and Geographical Information Systems: a European Perspective*: 349-365. London: Taylor & Francis.
- HMSO 1988. *The Copyright, Designs and Patents Act*. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Harris, T.M. and Lock, G.R. 1996. Multi-dimensional GIS: exploratory approaches to spatial and temporal relationships within archaeological stratigraphy. In H. Kamermans and K. Fennema (eds) *Interfacing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology CAA95*: 307-316. Leiden: University of Leiden, Analecta Praehistorica Leidensia 28. (2 volumes).
- Huggett, J. and Ryan, N. (eds) 1995. *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1994*. Oxford: Tempus Reparatum, British Archaeological Reports International Series 600.
- Kamermans, H. and Fennema, K. (eds) 1996. *Interfacing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology CAA95*. Leiden: University of Leiden, Analecta Praehistorica Leidensia 28. (2 volumes).
- Kennedy, M. and Kopp, S. 2000, *Understanding Map Projections*. Redlands Cf: ESRI Press.
- Kohler, T.A. and Parker, S.C. 1986. Predictive models for archaeological resource location. In M. B. Schiffer (ed.) *Advances in Archaeological Method and Theory*, Vol. 9: 397-452. New York: Academic Press.
- Kvamme, K.L. 1990. The fundamental principles and practice of predictive modelling. In A. Voorrips (ed) 1990. *Mathematics and Information Science in Archaeology: a Flexible Framework*: 257-295. Bonn: Studies in Modern Archaeology 3, Holos-Verlag.
- Kvamme, K.L. 1993. Spatial statistics and GIS: an integrated approach, in J. Andresen, T. Madsen and I. Scollar (eds) *Computing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, CAA92: 91-103. Aarhus: Aarhus University Press.
- Kvamme, K.L. 1995. A view from across the water: the North American experience in archaeological GIS. In G. Lock and Z. Stancic (eds) *Archaeology and Geographical Information Systems: a European Perspective*: 1-14. London: Taylor & Francis.
- Kvamme, K.L. 1996. Investigating chipping debris scatters: GIS as an analytical engine, in H.D.G. Maschner (ed) *New Methods, Old Problems. Geographic Information Systems in modern archaeological research*: 38-71. Carbondale: Southern Illinois University Center for Archaeological Investigations. Occasional Paper No. 23.
- Kvamme, K.L. and Kohler, T.W. 1988. Geographic information systems: technical aids for data collection, analysis and display, in J.W. Judge and L. Sebastian (eds) *Quantifying the present and Predicting the Past: Theory, Method and Application of Archaeological Predictive Modelling*: 493-548. Washington DC: US Bureau of Land Management, Department of Interior, US Government Printing Office
- Laflin, S. (ed.) 1986. *Computer Applications in Archaeology 1986*. Birmingham: Centre for Computing and Computer Science, University of Birmingham.
- Lang, N. and Stead, S. 1992. Sites and Monuments Records in England - theory and Practice. In G. Lock, and J. Moffett (eds) *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1991*: 69-76. Oxford: Tempus Reparatum, British Archaeological Reports International Series S577.
- Larsen, C.U. (ed.), 1992. *Sites and Monuments. National Archaeological Records*. Copenhagen: The National Museum of Denmark, DKC.
- Laurini, R. and Thompson, D. 1996. *Fundamentals of Spatial Information Systems*. London: Academic Press.
- Leick, A. 1995. *GPS Satellite Surveying, 2nd Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Lillesand, T.M. and Keifer, R.W. 1994. *Remote sensing and image interpretation, third edition*. New York: Wiley & Sons.
- Llobera, M. 1996. Exploring the topography of mind: GIS, social space and archaeology. *Antiquity* 70: 612-22.
- Lock, G.R. and Harris, T.M. 1996. Danebury revisited: an English Iron Age hillfort in a digital landscape, in M. Aldenderfer and H.D.G. Maschner, (eds) *Anthropology, Space, and Geographic Information Systems*: 214-240. New York: Oxford University Press.
- Lock, G. and Moffett, J. (eds) 1992. *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1991*. Oxford: Tempus Reparatum, British Archaeological Reports International Series S577.
- Lock, G. and Stancic, Z. (eds) 1995. *Archaeology and Geographical Information Systems: a European Perspective*. London: Taylor & Francis.
- Lockyear, K. and Rahtz, S. (eds) 1991. *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1990*. Oxford: Tempus Reparatum, British Archaeological Reports International Series 565.
- Lyall, J. and Powlesland, D. 1996. The application of high resolution fluxgate gradiometry as an aid to excavation planning and strategy formulation. *Internet Archaeology 1* [online]. Available from http://intarch.ac.uk/journal/issue1/lyall_index.html.
- Martin, D. 1996. *Geographic Information Systems. Socioeconomic applications (second edition)*. London: Routledge.
- Maschner, H.D.G. 1996. Geographic Information Systems in Archaeology, in H.D.G. Maschner (ed) *New Methods, Old Problems. Geographic Information Systems in modern archaeological research*: 1-21. Carbondale: Southern Illinois University Center for Archaeological Investigations. Occasional Paper No. 23.

- Maschner, H.D.G. (ed) 1996. *New Methods, Old Problems. Geographic Information Systems in modern archaeological research*. Carbondale: Southern Illinois University Center for Archaeological Investigations. Occasional Paper No. 23.
- MDA 1998. *MDA Archaeological Object Thesaurus*. Cambridge: Museum Documentation Association, English Heritage, and the Royal Commission for the Historical Monuments of England.
- Miller, P. and Greenstein, D. 1997. *Discovering Online Resources Across the Humanities: A Practical Implementation of the Dublin Core*. Bath: UKOLN.
- Mobbs, R. 1997. *Glossary of Computing Terms* [online] . Available from <http://www.le.ac.uk/cc/iss/glossary/ccgl.html>.
- Monmonier, M. 1996, *How to Lie with Maps*. Chicago: University of Chicago Press.
- Murray, D.M. 1995. The management of archaeological information - a strategy, in J. Wilcock and K. Lockyear (eds) *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* 1993: 83-87. Oxford: Tempus Reparatum, British Archaeological Reports International Series S598.
- Murray, D. and Dixon, P. 1995. Geographic Information System for RCAHMS. In *Monuments on Record, Annual Review 1994-5 of the Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Scotland*: 32-4.
- NMEA 1995. *NMEA 0183 Standard*. National Maritime Electronics Association, PO Box 3435, New Bern, NC 28564-3435, USA.
- Openshaw, S. 1991. Developing appropriate spatial analysis methods for GIS. In D.J. Maguire, M.F. Goodchild and D.W. Rhind (eds) *Geographical Information Systems*, Vol. 2: 389-402.
- Ordnance Survey. 1950. *Constants, formulae and methods used in the Transverse Mercator Projection*. London: HMSO.
- Ordnance Survey. 1995. *The ellipsoid and the Transverse Mercator Projection*. Geodetic Information Paper No 1. Southampton: Ordnance Survey.
- Ordnance Survey. 1996. *Geodetic Information Paper No 2*. Southampton: Ordnance Survey.
- Ordnance Survey. 1996. *Copyright leaflet #1*. Southampton: Ordnance Survey.
- Ordnance Survey. 1996. *Copyright leaflet #2*. Southampton: Ordnance Survey.
- Ordnance Survey. 1996. *Copyright leaflet #3*. Southampton: Ordnance Survey.
- Ordnance Survey. 1996. *Copyright leaflet #4*. Southampton: Ordnance Survey.
- Rahtz, S.P.Q. 1988. *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* 1988. Oxford: British Archaeological Reports International Series 446, (2 volumes).
- Rahtz, S.P.Q. and Richards, J. (eds), 1989. *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* 1989. Oxford: British Archaeological Reports International Series 548.
- Raper, J.F. (ed.) 1989. *Three dimensional applications in geographical information systems*. London: Taylor & Francis.
- RCHME, 1995. *Thesaurus of Monument Types*. Swindon: Royal Commission on the Historical Monuments of England.
- RCHME, 1998. *MIDAS: the Monument Inventory Data Standard*. Swindon: Royal Commission on the Historical Monuments of England.
- Richards, J.D. and Ryan, N.S. 1985. *Data Processing in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Robinson, H. 1993. The archaeological implications of a computerised integrated National Heritage Information System. In J. Andresen, T. Madsen, and I. Scollar, (eds) *Computing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, CAA92: 139-150. Aarhus: Aarhus University Press.
- Roorda, I.M. and Wiemer, R. 1992. Towards a new archaeological information system in the Netherlands. In G. Lock, and J. Moffett (eds) *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* 1991: 85-88. Oxford: Tempus Reparatum, British Archaeological Reports International Series S577.
- Ruggles, C. 1992. Abstract Data Structures for GIS Applications in Archaeology. In G. Lock, and J. Moffett (eds) *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* 1991: 107-112. Oxford: Tempus Reparatum, British Archaeological Reports International Series S577.
- Ruggles, C.L.N. and Rahtz, S.P.Q. (eds) 1988. *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* 1987. Oxford: British Archaeological Reports, International Series 393.
- Ryan, N.S. and Smith, D.J. 1995. *Database systems engineering*. London: International Thompson Computer Press.
- Scollar, I., Tabbagh, A. and Hesse, A. 1990. *Archaeological prospecting and remote sensing*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Snyder, J.P. 1987. *Map projections - a working manual*. U.S. Geological Survey Professional Paper 1395. Available in PDF form for download from USGS
- Snyder, J.P. 1989. *An Album of Map Projections*. U.S. Geological Survey Professional Paper 1453.
- Stead, S. 1995. Humans and PETS in space. In G. Lock and Z. Stancic (eds) *Archaeology and Geographical Information Systems: a European Perspective*: 313-318. London: Taylor & Francis.
- Taylor, P.J. and Johnston, R.J. 1995. GIS and Geography. In J. Pickles (ed) *Ground Truth. The social implications of Geographic Information Systems*: 51-67. London: The Guilford Press.
- Tilley, C. 1994. *A phenomenology of landscape. Places, Paths and Monuments*. Oxford: Berg.
- Tomlin, C.D. 1990. *Geographic Information Systems and Cartographic Modelling*. New Jersey: Prentice-Hall.
- van Leusen, M. 1993. Cartographic modelling in a cell-based GIS. In J. Andresen, T. Madsen, and I. Scollar, (eds) *Computing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, CAA92: 105-124. Aarhus: Aarhus University Press.
- van Leusen, M. 1995. GIS and archaeological resource management: a European agenda. In G. Lock and Z. Stancic (eds) *Archaeology and Geographical Information Systems: a European Perspective*: 27-42. London: Taylor & Francis.
- van Leusen, P.M. 1996. GIS and locational modeling in Dutch archaeology: a review of current approaches. In H.D.G. Maschner (ed.) *New Methods, Old Problems. Geographic Information Systems in modern archaeological research*: 177-197. Carbondale: Southern Illinois University Center for Archaeological Investigations. Occasional Paper No. 23.
- van Sickle, J. 1996. *GPS for Land Surveyors*. Ann Arbor

- Press.
- Verhagen, P. 1996. The use of GIS as a tool for modelling ecological change and human occupation in the middle Aguas Valley (S.E. Spain). In H. Kamermans, and K. Fennema, (eds) *Interfacing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology CAA95*: 317-324. Leiden: University of Leiden, Analecta Praehistorica Leidensia 28. (2 volumes).
- Walker, R. (ed.) 1993. *AGI Standards Committee GIS Dictionary*. Association for Geographic Information.
- Warren, R.E. 1990. Predictive modelling of archaeological site location: a primer. In K.M.S. Allen, S.W. Green, and E.B.W. Zubrow, (eds) *Interpreting Space: GIS and archaeology*: 90-111. London: Taylor & Francis.
- Wells, D. 1986. *Guide to GPS Positioning*. Canadian GPS Associates.
- Wheatley, D. W. 1993. Going over old ground: GIS, archaeological theory and the act of perception. In J. Andresen, T. Madsen, and I. Scollar, (eds) *Computing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, CAA92*: 133-138. Aarhus: Aarhus University Press.
- Wheatley, D.W. 1995. Cumulative Viewshed Analysis: a GIS-based method for investigating intervisibility, and its archaeological application. In G. Lock and Z. Stancic (eds) *Archaeology and Geographical Information Systems*:
- a European Perspective: 171-186. London: Taylor & Francis.
- Wheatley, D.W. 1996. Between the lines: the role of GIS-based predictive modelling in the interpretation of extensive survey data. In H. Kamermans, and K. Fennema, (eds) *Interfacing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology CAA95*: 275-292. Leiden: University of Leiden, Analecta Praehistorica Leidensia 28. (2 volumes).
- Whittington, R.P. 1988. *Database Systems Engineering*. Oxford: Oxford Applied Mathematics and Computing Science Series.
- Wilcock, J. and Lockyear, K. (eds) 1995. *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1993*. Oxford: Tempus Reparatum, British Archaeological Reports International Series S598.
- Wise, A.L. and Miller, P. 1997. Why Metadata Matters in Archaeology. In *Internet Archaeology 2* [online]. Available from http://intarch.ac.uk/journal/issue2/wise_index.html.
- Wood, J.D. (1996) *The geomorphological characterisation of digital elevation models* PhD Thesis, University of Leicester, UK. <http://www.soi.city.ac.uk/~jwo/phd>
- Yang, Q., Snyder, J. P., and Tobler, W. R., 2000, *Map Projection Transformation: Principles and Applications*. London: Taylor & Francis.

考古学における3D計測

セクション1. 目的と目標

1.1 考古学における3Dモデル

三次元（3D）データセットは、多くの考古学プロジェクトで一般的になってきており、手動によるモデリング（例：建物の復元）から、自動化されたキャプチャ（例：物体の3Dレーザースキャン）、計算によるモデリング（例：写真測量）まで、さまざまなデータの取得・作成プロセスから得られるようになっています。2D ラスター画像とは対照的に、3D デジタルデータセットは、立体的な対象物をデータ上で簡単に拡大縮小、回転させ、あらゆる方向や角度から見ることができます。考古学の記録や復元に非常に有効です。レーザースキャン、構造光スキャン、画像ベースの3Dモデリング（例、写真計測: Photogrammetry、SfM: Structure from Motion）によるプロジェクトから得られた3Dデータは、複雑な立体形状復元の基礎となり、遺物や記念物の保護・保全の役割を果たし、またオンラインでの公開を通じて、文化的価値の伝達の役割を果たしています（3D-ICONS, 2014）。

1.2 本ガイドの範囲

オンラインで表示されるインタラクティブモデルとして、あるいは研究報告書や論文に画像として3Dデータセットは、多くの場合、長く複雑なデータ取得と編集のプロセス（しばしば「パイプライン」と呼ばれる）の最終出力です。最終的な3Dプロダクトを理解するためには、データ取得の方法

論を理解することも重要ですが、本ガイドでは、そうした取得プロセスの最後に作成される3Dモデルの保存と文書化に焦点を当てています。近年の3Dデータの作成と文書化に焦点を当てた重要なプロジェクトとして、3D-ICONSプロジェクト [1] があり、「文化遺産オブジェクトのオンライン3Dモデル作成のためのデジタル化、モデリング、オンラインアクセスのパイプラインの文書化」に関する詳細なガイドラインを作成しています。（3D-ICONS 2014, 6）。したがって本ガイドのユーザーには、3D計測技術の詳細と3Dモデル作成に関する編集処理については、3D-ICONS ガイドライン（2014）を参照することを推奨します（De Luca 2014）。また3Dデータの処理と視覚化に使用されるアルゴリズムとメソッドの詳細は、Callieriら（2011）によって提供されています。

本ガイドは、McHenryら（2008, 2010, 2011）が行った、重要なプロパティ、データ変換、情報損失の観点からさまざまな3Dファイルフォーマットを調査した結果を大幅に参照しています。本ガイドのユーザーは、McHenryが調査したフォーマットの一部だけがここに示されていること、近年、多くの新しいフォーマットが登場し、進化し続けていることを認識する必要があります。

最後に本ガイドの情報は、レーザースキャン、写真測量、CADなどの特定のデータ取得または作成プロセスに焦点を当てた、このシリーズの他のガイドに記載されているアーカイブおよび文書化のガイドラインと組み合わせる必要があります。

ます。その他の関連情報は、「ケーススタディ」、特に「構造化光スキャン」（※本刊では未掲載）に記載されています。

1.3 課題と検討事項

McHenryら（2011, 1-2）が強調しているように、利用可能な3Dファイルフォーマットの種類は膨大で、各フォーマットはさまざまな種類のデータをさまざまな方法で保存しています。新しいフォーマットが頻繁にリリースされるとともに、既存のフォーマットも進化・発展していることを考えると、3Dデータの長期保存に適したフォーマットを決めるのは、いまだに難しいことです。バーチャルリアリティ（VR）に特化した本シリーズの前回のガイド（AHDS 2002）は、このような状況をある程度反映しています。このAHDSのVRガイドで取り上げたデータフォーマットや作成プロセスは、今となっては時代遅れのものとなっていましたが、このガイドでは、3DやVRのデータセットの作成に関わるより一般的な理論的考察に加えて、プロジェクト計画や3Dデータの文書化の重要性を強調しています（AHDS 2002, section 2, 4, 5）。

ガイドラインを常に最新状態に維持することはできませんが、デジタル保存の概念と原則の中で、3Dデータの主要な構成要素と重要なプロパティに焦点を当てることで、保存と文書化のための実用的で継続利用できるガイドラインを作成することが目標です。

[1] <http://3dicons-project.eu/eng>

セクション2. 3Dデータの作成

2.1 プロジェクトの計画と要件

デジタルデータを作成するすべての他のプロジェクトと同じく、3Dコンテンツの効果的な保存と記録を確実にするためには、最初にいくつか要素を考慮しなければなりません。3DモデルやVRモデルの理論的考察の概要は、AHDSのVRガイド（AHDS 2002, section 5）に記載されており、またロンドン憲章[1]は、“遺産の視覚化プロセスと出力が説明責任を果たすべき事実上のベンチマーク”を提供しています。3Dデータの作成を含むプロジェクトを計画する場合、ロンドン憲章の原則は、文書化やメタデータの仕様やファイルフォーマットを検討する前に考慮されるべきものです。

2.1.1 ロンドン憲章

2006年に提唱されたロンドン憲章は、文化遺産のコンピュータによる視覚化の知的・技術的な厳密さを確保するための手段として考案されました。ロンドン憲章は、コンピュータを用いた可視化手法を扱う上での厳格なルールを定めようとしています。この憲章には6つの原則があります。

- ・原則1：「実施」ロンドン憲章の使用目的、目的、範囲を規定している。
- ・原則2：「目的と方法」コンピュータを用いた視覚化手法を適切に適用することの重要性と、それがプロジェクトの目的を達成するために最も適したアプローチであるかどうかについてアドバイスしている。
- ・原則3：「ソース」3Dビジュアライゼーションに使用さ

れた関連資料の識別と文書化の問題を提起している。

- ・原則4：「文書化」3Dコンテンツの開発過程において、3Dビジュアライゼーションの理解と利用を促進するため、どのような情報を文書化すべきかをアドバイスしている。
- ・原則5：「持続可能性（Sustainability）」3Dコンテンツの長期的な持続可能性と有用性の計画について述べている。
- ・原則6：「アクセス」3Dビジュアライゼーションをより広い文化遺産の領域で効果的に普及させるための計画についてアドバイスしている。

本ガイドの中では、ロンドン憲章の最初の3つの原則は、プロジェクトの計画、データの取得、データの作成に関連しており、後の3つの原則は、データの文書化、保存のためのフォーマット、データの普及のためのフォーマットや方法に関連しています。

[1] <http://www.londoncharter.org/>

2.2 3Dデータのソースと種類

セクション1で説明したように、3Dモデルは、スキャナや画像ベースのモデリング技術などさまざまな異なるデータ取得・作成技術を含むワークフローの最終出力です。これらの技術は、3D-ICONSガイドライン（2014）や、後処理に関するプロジェクトの最終報告書（De Luca 2014）に詳細に記載されています。アーカイブや保存の観点から、これらの技術は「レーザースキャナ、写真計測、構造化光スキャン」のガイドやケーススタディでも紹介されています。3Dモデルの中には、ワークフローの中にCAD（Computer Aided Design）の要素が含まれているものがありますが、これについては「CAD : Guide to Good Practice」（※本刊では未掲載）でアーカイブに関して説明しています。本ガイドでは、個々の取得技術の詳細については触れませんが、3Dモデルを作成するワークフローには、必ずいくつもの取得・作成技術や処理技術が含まれており、各段階で発生したデータは、関連するガイドラインに従って処理されるべきであることを理解すべきです。

2.2.1 3Dデータとモデルの種類

McHenry and Bajcsy（2008）は、3Dモデルの要素を「ジオメトリ」「外観」「シーン情報」の3つに分類しています。さらに、アニメーションやインタラクションに関連するデータが、特定のモデルに保存されることもあります。これらの要素から、レンダリングと呼ばれる手順で視覚化が計算処理され、静的なラスター画像、ビデオ、またはインタラクティブモデルが作成されます。

ジオメトリ

McHenryとBajcsyは、3Dモデルの形状を表現するために、頂点ベースのワイヤーフレームモデル（三角メッシュとも呼ばれる）、曲線と曲面で数学的に記述されるパラメトリックサーフェス（Non-Uniform Rational B-Splines/NURBS）、幾何学的ソリッドモデル（Constructive Solid Geometry/CSG）、境界表現（B-reps）の4つの一般的な手法を挙げています。

最も一般的な3Dモデルは、表面を三角形のパッチや四角

形の面に分割して作成されるポリゴンをなす頂点（3次元の点）で構成されています（図1参照）。3Dモデルの頂点は、直交座標系のx軸、y軸、z軸上の位置によって記述され、z軸は通常、モデルの深さや高さを表しています。アプリケーションやフォーマットによっては、実世界の座標系の使用や保存に対応しているものもあれば、任意の座標系を使用するものもあります。頂点とそれを結ぶ辺のみで表現されたモデルをワイヤーフレームまたはメッシュモデルと呼び、頂点がつながっていないものを点群と呼びます（図2）。点群は通常、3Dレーザースキャンなどの技術によって生成され、それを処理することでメッシュモデルが形成されます（3D-ICONS 2014, 18-21）。ワイヤーフレームとメッシュモデルは、簡単にレンダリングできますが、凸面や凹面の詳細な表現ができます、よく見るとポリゴンのシャープなエッジが常に見えてしまいます。いわゆるシェーディング（陰影表現）アルゴリズムを用いれば、ポリゴンの頂点がオブジェクトの輪郭に見えたとしても、より滑らかで均一な外観にレンダリングすることができます。ポリゴンの数を増やすことで、より滑らかな表面を作ることができます、その分、ファイルサイズも大きくなります。

さらに多くの曲線やサーフェスを、いくつかのパラメータを使って数学的に計算し、より滑らかな曲面を実現することもできます。3Dグラフィックスでは、NURBS（Non-Uniform Rational B-Splines）と呼ばれる数学的に記述された曲線や曲面を使用することで、ディテールを損なうことなく拡大縮小を可能にするパラメトリック表現がよく用いられます。データ移行の際、対象となる3Dファイルフォーマットがパラメトリック表現に対応していない場合、モデルをワイヤーフレームモデルに変換しなければならず、サーフェス構造に関する情報が失われることになります。これは、ベクターグラフィックスからラスターグラフィックスへの変換に匹敵するほどの情報損失です。

3Dモデルは、頂点や曲面、曲線だけでなく、空間領域構成法（Constructive Solid Geometry: CSG）と呼ばれる単純な幾何学的立体の結合、差分、交点などを用いて構築することもできます。例えば、工事標識などに用いられる三角コーンは、円錐と平たい立方体の組み合わせで作られます。CSGでは、モデルの編集を容易にするために、個々の幾何学的ソリッドとそれに関連する操作や変換を保存しておく必要があります。特にCADファイルのフォーマットはこのプロパティに対応しています。CSGを使用しているフォーマットから使用していないフォーマットに変換すると、モデルのポリゴンと頂点しか変更できないため、モデルの編集性に制約が発生します。また、ポリゴンフォーマットからCSGフォーマットへの再変換も容易ではありません。

CADアプリケーションの分野では、境界表現（B-Rep）を使って3D形状を保存することもできます。B-Repモデルは、3Dオブジェクトの境界面を記述することで、間接的に3Dオブジェクトを表現します。B-Repモデルは、複雑なオブジェクトを表現することができますが、その結果、データ構造が複雑になり、メモリを大量に消費することになります。

アピアランス（サーフェスプロパティ）

3Dモデルのジオメトリに加えて、モデルの完全な外観を表現するためには、表面のプロパティも保存する必要があります。

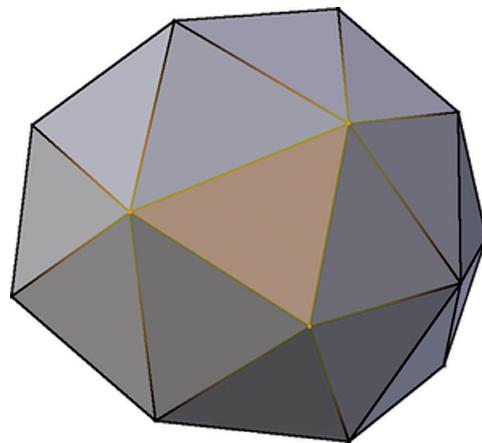


図1：黄色で示された頂点は、3Dモデル内のハイライトされた三角形を表しています。

ます。色情報、テクスチャ、マテリアルのプロパティを組み合わせることで、非常にリアルな3Dモデルを作成することができます。

写真測量やレーザースキャンによる点群データは、基本的には各頂点に強度や色（RGB）の値が関連付けられています。写真のサンプリングに含まれるカラー情報は、3Dモデルの各頂点に単一のカラー値（単一のRGBピクセル値、または同じサーフェスポイントに投影された複数のピクセルのインテリジェントな補間）を割り当てることで、ポイントクラウドまたはトライアングルメッシュに投影し直すこともできます（Callieri et al. 2011）。他の3Dモデルでは、色情報を面やオブジェクトに関連付けることもできます（ただし、この場合、色のエンコーディングに関しては十分に詳細ではない表現になります）。例えば、木目の画像を円柱に適用して、デジタルの木の幹のリアルな印象を作り出すことができます。この方法は、3Dオブジェクトに（特定の素材を表す）合成テクスチャを割り当てる場合に非常に有効です。逆に、3Dモデルに実際の色（通常は写真でサンプリングされたもの）を投影する必要がある場合は、まず、三角測量された表面にメッシュパラメータ化法を適用します（3D表面上の各点を2Dテクスチャ空間の点に結びつける変換）。次に、入力された画像セットから、特定のアプリケーションに必要な適切な解像度でテクスチャをリサンプリングし、レンダリングの段階で使用します（Callieri et al. 2011）。

例えば、木製のテーブルは、ガラス製のテーブルとは異なる反射プロパティを持っています。こうした事例には、拡散光、鏡面光、環境光、透過光、放射光などの反射と屈折を表すパラメータを使用します。

モデルの外観を変更するためのその他のテクニックとして、バンプマップ、法線マップ、透明度マップが使用されます。テクスチャを使用して、これらのマップに値（高さ、法線、透明度など）を格納し、それをモデルに適用することで、影、透明度、反射のレンダリングを変更したり、ジオメトリに存在する以上の表面の凹凸などの要素をシミュレートしたりします（図3）。バンプマップ、法線マップ、透過マップを使用するには、3Dモデルの表面にパラメータを定義する必要があります。

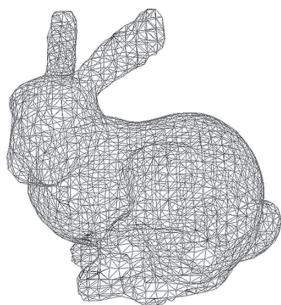


図2:スタンフォード・バニーのワイヤーフレーム（左）と点群モデル（右）。

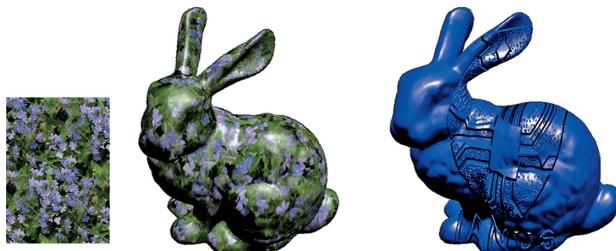


図3:3Dモデルへのテクスチャの貼り付け（左）。モデル（右）にはバンプマッピングでIANUSロゴが貼られています。モデルの形状は変わらないのに、モデルの表面が3次元的に変化しているように見えます。

サーフェスプロパティは、レンダリングプロセスにおいて「シェーダー」によって実装されます。シェーダーは基本的に、各頂点やピクセルがどのように表示されるべきかを記述する一連の命令であり、異なるアルゴリズムを使用し、さまざまな光源を設定することで、滑らかな表面など、さまざまな異なる印象を与えることができます（以下の図4を参照）。最近のアプローチでは、アルベド、ラフネス、メタリック、エミッショブなど、複雑な素材をリアルに表現するために、特定の物理的プロパティのセットを対象としています（PBR: Physically-based rendering modelと呼ばれます）。

シーン情報。光源とカメラのパラメータ

3Dモデルの表示方法は、ビューポートの大きさ、モデルの位置、カメラや光源の位置など、シーンの設定や要素によって異なります。ビューポートはステージのようなもので、モデルの高さ、幅、奥行きなどのフレームを定義します。カメラは位置だけでなく、見る方向も記憶しておく必要があります。

光がない状態でレンダリングすると、3Dモデルの黒い画像が作成されるだけなので、3Dモデルとシーンを照らすために光の設定、つまり適切な位置と設定の光源が必要です。ソフトウェアによって自動的に設定されていることが多いですが、もし光源の設定情報がなければ、ユーザーが自ら設定しなければなりません。

シーンには1つまたは複数のモデルが含まれ、それらは任意の数のオブジェクトグループで構成されます。グループ化は、モデルが複数の独立したパートやオブジェクトで構成されている場合に必要になります。グループが設定されると、パートの位置関係も保存される必要があり、オブジェクトの移動、回転、拡大縮小などの変換によって記述されます。

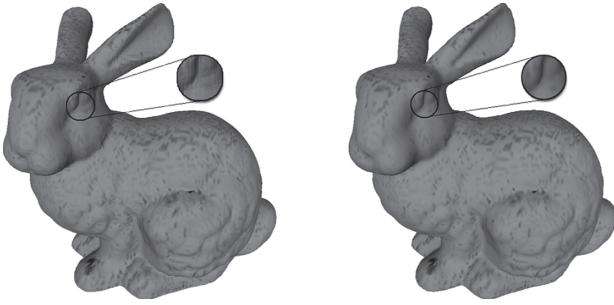


図4:左のモデルはシェーダーなしでレンダリングされており、個々のポリゴンが見えています。同じモデル（右）にスマージングシェーダを適用すると、均一で滑らかな表面になった印象を受けます。

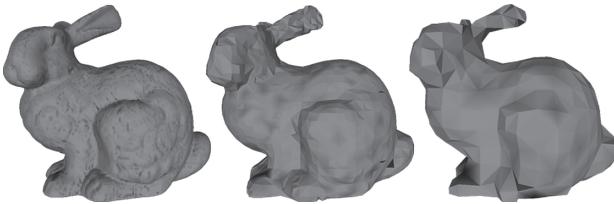


図5:スタンフォード・バニーの3Dモデル（左から69451、3851、948ポリゴン）に適用された異なるレベルの詳細の効果。

3Dスキャナ機器や画像ベースの技術は膨大な量のデータを生成し、RAMに収めることもリアルタイムで表示することも不可能なほど複雑な3Dモデルを簡単に作成することができます。このような複雑さは、通常、離散的なLOD（詳細度: Level Of Details）またはマルチレゾリューション（Multiresolution）表現を作成することにより、制御して軽減することができます。大規模で複雑なシーンでは、レンダリングフェーズの効率を上げるために、個々のオブジェクトに異なる詳細度を保存することが有効です（di Benedetto et al.2014）。LOD表現を採用すると、シーン内の各オブジェクトは、複数の異なるモデル（実際には3～5つのモデルがあり、それぞれのモデルはビューアからの距離間隔に関連付けられる）によって表現されます。カメラに近い前景のオブジェクトは高解像度で表示され、背景にある木などは低解像度で表示されることになります。LOD表現は、多くのジオメトリ処理ツールに搭載されている幾何学的な簡略化アルゴリズムを用いて簡単に構築することができます（例えば、MeshLab [1] の簡略化機能を参照）。3Dモデルの詳細度は、ポリゴン数に依存します。定義上、LOD表現は、少数の異なるモデルで特徴付けられます。逆に、マルチ・レゾリューション・アプローチでは、1つの表現から非常に多くの異なるモデルをリアルタイムで作成することができます（ビューに依存した基準を採用）。いくつかのマルチレゾリューション表現スキームが定義されています（di Benedetto et al.2014）。

アニメーションとインタラクション

アニメーションとインタラクションは、追加のデータを保存する必要があるため、アーカイブのフォーマット、メタデータやドキュメントのレベルを評価する際に考慮する必要があります。アニメーションをビデオフォーマットにエクスポートする場合は、デジタルビデオのガイドラインに従う必要があります。

2.3 ファイルフォーマット

McHenry ら (2008; 2011) が述べているように、3D データには膨大な数のファイルフォーマットが存在し、それぞれ

がジオメトリ、テクスチャ、光源、ビューポート、カメラの保存方法に関して、さまざまなプロパティや機能を持っています。一般的なフォーマットの概要を以下に示します (表1、McHenry and Bajcsy 2008 による)。推奨されるフォーマットについては、セクション 3 で、一般的なフォーマットの具体的な保存プロパティ (表2) と合わせて詳しく説明します。

表1：一般的な3Dデータフォーマットの概要

フォーマット	プロパティ／技術	説明	推奨事項
.x3d	Web3D コンソーシアムが開発した XML ベースの ISO 標準フォーマット	X3D [1] フォーマット (extensible 3D graphics) は、Web3D コンソーシアムが開発したもので、2006 年に ISO 認証を取得している。このフォーマットは、単一の 3D モデルだけでなく、バーチャルリアリティなどの複雑な 3D コンテンツの保存にも適している。このフォーマットは VRML の後継であり、VRML よりも優先されるべきものである。このフォーマットは、HTML5 の 3D の中核となるものである。	保存に適しており、複雑な 3D コンテンツに推奨される。
.dae	COLLADA [2] による XML ベースの交換フォーマット	COLLADA (collaborative design activity) は、非営利団体の Khronos Group コンソーシアムが開発した XML ベースのフォーマットで、複雑な 3D データの交換フォーマットとして設計されている。ISO/PAS 17506:2012 は、COLLADA スキーマの標準化仕様を提供している [3]。	保存に適しており、x3d が使用できない 3D コンテンツに推奨される。
.obj (オプションで.mtl と.jpg ファイルも含む)	Wavefront OBJ ファイル	Wavefront Technologies 社が開発したオープンな OBJ フォーマットで、オープンな仕様で多くのユーザー／コミュニティに支持されている [4]。このフォーマットは、ジオメトリとテクスチャの両方を保存し、obj ファイル (ascii またはバイナリ形式) と mtl (マテリアル／テクスチャ) ファイルおよび画像 (実際のテクスチャ) で構成されている。	ワイヤーフレームやテクスチャモデルの保存に適している。保存には ASCII 形式が適している。
.ply	Stanford polygon file format	PLY フォーマットは、Stanford Triangle Format とも呼ばれ、スタンフォード大学で開発された、主に 3D スキャンデータ用のシンプルなフォーマットで、ASCII 版とバイナリ版がある。このフォーマットは、OBJ を参考にしているが、色や透明度、表面の法線、テクスチャ座標、データ信頼度など、さまざまなプロパティを組み込んで拡張することができる。また、このフォーマットでは、ポリゴンの表と裏で異なるプロパティを使用することができる。特定の拡張子を追加してもフォーマットが読みなくなることはないが、すべてのソフトウェアがすべての拡張子に対応しているわけではないので、データが読みなくなったり、最悪の場合、ファイルを保存し直したときに破棄されてしまうこともある。	ファイルの内容を明確に記録する必要があるが、保存に適している (ASCII バージョン)。

フォーマット	プロパティ／技術	説明	推奨事項
.vrml, .wrl, .wrz	Virtual Reality Modelling Language [5]	Virtual Reality Modelling Languageは、3Dのインタラクティブなベクターグラフィックスを表現するためのテキストベースの規格(ISO/IEC 14772)で、X3Dの前身となるもの。最新版は1997年にVRML97 Suitable for preservationとして発行されたが、現在はX3Dに取って代わられている。	現在はX3Dに取って代わられているが、保存には適している。
.u3d	Universal 3D format[6]	Universal 3D formatは、3D Industry Forumによって開発され、2005年にEcma international (ECMA)によって標準化された。U3Dは、データ交換用に設計された圧縮フォーマットで、X3DやCOLLADAと同様の機能を備えており、特にPDF文書の3Dコンテンツ用に開発された。	保存には適していない。
.stl	Stereolithography or Standard Tessellation Language[7]	STLは、3D Systems社が開発したもので、3Dプリンタやデジタルファブリケーションの分野で広く使われている。ASCII版のSTLは、3Dモデルのジオメトリのみを保存する(テクスチャは含まない)が、バイナリ版では、拡張子を利用してカラー情報も保存するため、保存スペースが少なくて済む。古いフォーマットではあるが、STLは特に3Dスキャナーでよくサポートされており、そのシンプルな構造と人間が読めるフォーマットのため、データの転送が容易である。このフォーマットは、線ではなく面のみをエクスポートするため、写真測量には適していない。	非常に基本的なデータセットの保存(ASCIIフォーマット)に適している(表2のサポートされるプロパティを参照)。
.dxf	Autodesk Drawing Interchange Format Autodesk	DXFフォーマットは、主にCADデータの交換フォーマットであり、CADソフトウェアで作成された3Dコンテンツにのみ使用されるべきものである。フォーマット自体は長い歴史の中で何度も改訂・更新されており、フォーマットの機能も時代とともに進化している。DXFフォーマットの詳細については、CADガイドを参照。	ネイティブのCADデータセットの保存にのみ適している。
.fbx	Autodesk 3D asset exchange format	オートデスクが所有する独自の交換フォーマット。FBXフォーマットは、Mayaや3DS Maxなどの3Dソフトウェア間のデータ交換をサポートすることを目的としており、ファイルにはアニメーション、テクスチャ、ジオメトリが含まれる。	保存には適していない。
.3ds, .max	Autodesk 3DS Max ファイル	Autodesk 3DS Maxで使用される独自のバイナリフォーマット。	保存には適していない。
.skp	Google Sketchup フォーマット	Google SketchUpで使用されるネイティブフォーマット。	保存には適していない。
.blend	Blender フォーマット	複雑な3DデータセットのためのネイティブなBlenderバイナリフォーマット。	保存には適していない。

フォーマット	プロパティ／技術	説明	推奨事項
.prc	Product Representation Compact format	PRC は、3D 設計データを保存するための高压縮フォーマットで、主に CAD/CAE/CAM 環境や 3D PDF フォーマットの中で使用されている。2014 年に ISO 標準規格 ISO14739-1 として採用されている[8]。	保存には適していない。
.pdf	Adobe Portable Document Format	PDF ファイル内の 3D コンテンツは、U3D および / または PRC フォーマット(上記参照)に基づいている。PDF 形式は自己完結型であり、計測、断面、光源、ワイヤーフレーム表示などの基本的な操作が可能である。専門のソフトウェアを使わずにデータを見るには便利であるが、データを簡単に抽出できないという点で、このフォーマットはほとんど「行き止まり」である。	保存には適していない。
.nxs	Nexus フォーマット [9]	Nexus は CNR-ISTI によって開発されたオープンソースのマルチリソリューションフォーマットである。Nexus のソフトウェアパッケージには、フォーマットの仕様のほか、.ply ファイルをマルチリソリューションフォーマットに変換するためのツールや、非常に大きなサーフェスモデルをインタラクティブにレンダリングすることを目的としたビジュアライゼーションライブラリが含まれている。このフォーマットは、大規模な 3D メッシュを Web ベースで可視化するためのオープンソースプラットフォームである 3DHOP で使用されている。	保存には適していない。

[1] <http://www.web3d.org/what-x3d-graphics>

[2] <http://www.khronos.org/collada>

[3] http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=59902

[4] Specifications are available for both the OBJ (<http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/dataformats/obj/>) and MTL (<http://paulbourke.net/dataformats/mtl/>) components.

[5] <http://www.web3d.org/standards>

[6] <http://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-363.htm>

[7] <http://www.ennex.com/~fabbers/StL.asp>

[8] http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=54948

[9] <http://vcg.isti.cnr.it/nexus/index.php>

スキャニングや写真測量などの特定の収集技術から得られたものである場合、データのワークフロー、選択、保存に関して、それぞれの技術に関する個別のガイドを参照することが推奨されます。

3.1 重要なプロパティ

本ガイドのセクション 2 で詳しく説明していますが、3D モデルのさまざまな要素、つまり重要なプロパティは、モデルやファイルの種類により大きく異なる場合があり、すべてのファイルフォーマットが同一のプロパティの保存に対応しているわけではありません。このため、アーカイブに適したフォーマットを選択する際には、モデルのすべての要素を保存するために、どのプロパティを保持する必要があるかを考慮する必要があります。McHenry and Bajcsy (2008) が強調しているように、多くの場合、ファイルフォーマットの変換によって情報が失われるため、データ作成段階でアーカイブに使用するファイルフォーマットのプロパティを考慮することが重要です。以下の表 (McHenry and Bajcsy, 2008 より) は、このガイドで取り上げている多くのフォーマットがサポートしているパラメータの概要を示しています。空のセルは、フォーマットがこれらのプロパティを保存する機能を持っていないか、このプロパティ / フォーマットの追跡可能

セクション 3. 3D データのアーカイブ

アーカイブのための 3D データの選択は、より広範なデータワークフローの中で行われるべきであり、データが作成、収集、または大幅に変更された時点で保存するかどうかの検討を含みます。これについては、「データの選択」のセクションで一般的に説明されています。しかし、データがレーザー

な仕様が見つからないことを意味します。

さまざまな3Dフォーマットでサポートされているプロパティ

・ジオメトリ：F = ワイヤーフレーム、P = パラメトリック

表2：多数の3Dデータフォーマットがサポートするパラメータの概要 (McHenry and P. Bajcsy 2008より引用)

フォーマット	ジオメトリ				アピアランス											アニメーション
	F	P	CSG	B-Rep	C	X	B	M	V	L	T	G				
X3D	レ	レ			レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	
VRML	レ	レ			レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	
DAE	レ	レ		レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	
U3D	レ				レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	レ	
PLY	レ				レ	レ	レ	レ								
OBJ	レ	レ			レ	レ	レ	レ				レ				
STL	レ				レ*											
DXF	レ	レ	レ		レ							レ				

*…/バイナリのみ

上記の表はすべてを網羅しているわけではなく、3Dコンテンツには、特定の（多くの場合、独自の）アプリケーションで使用される、その他の多くの特殊なプロパティがあります。このような理由から、将来的にデータのネイティブな編集や使用（元のソフトウェア固有の機能の使用）が必要な場合は、オリジナルファイルを追加で保持することをお勧めします。

3.2 アーカイブと公開のためのファイルの種類

3.2.1 アーカイブ用フォーマット

他の種類のデータと同様に、3Dデータを保存するための最も安定したフォーマットは、特定のソフトウェアに依存しない、文書化されたテキストベースのファイルフォーマットです（「デジタルデータ作成計画」を参照）。OBJおよびPLYフォーマットは、3Dオブジェクトのジオメトリと視覚的な表面特性を保持しますが、光源やアニメーション、複雑なインタラクティブ機能を持つ複雑なシーンには適していません。より複雑な3Dデータセットやビジュアライゼーションには、COLLADAおよびX3Dフォーマットを推奨します。一般に、3DS、MAX、SKP、BLENDなどのソフトウェア固有のフォーマットやバイナリフォーマットは、長期保存には適していません。

エクスポート機能がある場合は、データを作成したアプリケーションでアーカイブ用のフォーマットに変換することをお勧めします。しかし、元のソフトウェアが希望のフォーマットに対応していない場合などは、中間的なフォーマットに変換した後、追加のソフトウェアを使用して目的のフォーマットに変換する必要があります。例えば、Blender [1] で作成した3Dオブジェクトを配布用の3D-PDFに変換するには、BlenderでOBJにエクスポートした後、MeshLabでU3Dにインポートおよびエクスポートするという手順を踏む必要があります [2]。

ク、CSG = Constructive Solid Geometry、B-rep = 境界表現

・アピアランス：C = カラー、X = イメージによるテクスチャ、B = バンプマッピング、M = マテリアル、V = ビューポートとカメラ、L = 光源、T = トランスマスク、G = グループ化/配置

Conversion Software Registry [3] では、中間フォーマットを含むさまざまなフォーマットの変換プログラムを見つけることができます。大規模で複雑な3Dコンテンツの変換には、Okino社の「Polytrans」や「NuGraph」のような専門的な商用プログラムもあります [4]。

データの移行が困難な場合は、元のフォーマットを保持し、ソースファイル（テクスチャ、ビジュアライゼーションなど）やモデルの問題点を個別にキャプチャし、適切なアーカイブフォーマットで保存することも推奨されます。

また、追加の画像やビデオファイルをキャプチャすることをお勧めします。このようなファイルは、モデルのプレビューや概要を確認するのに便利であり、3Dデータの一般的な保存に利用可能な形式では困難な「見た目と感覚」の要素を保存することができます。

3.2.2 公開

アーカイブの形式に加えて、3DモデルはPDFファイルとして簡単に公開することができます。PDFフォーマットは、U3DおよびPRCフォーマットのモデルをサポートし、さらにテキスト、画像、リンクを3Dデータとともに統合することができます。3D PDFファイルは、無料でダウンロードできる標準的なAdobe Readerで表示でき（現在、Linuxシステムでは利用できません）、距離、半径、角度を測定するために、測定ツールや注釈ツールを適用することができます。3D PDFファイルは、データ配信に便利な自己完結型のフォーマットですが、ファイルサイズが大きく、モデルには大容量のRAMが必要な場合があり、システムによっては利用できない場合があります。したがって3D PDFフォーマットは、低解像度の3Dモデルやダウンサンプリングされた3Dモデルの配布に使用すべきであり、フル解像度のデータは他のフォーマットで提供する方が良いでしょう。

ウェブ上で3Dコンテンツを直接配布する必要がある場合は、他のソリューションもあります。1つ目のソリューションは、Sketchfab [5] という商用システムで、ウェブ上での3Dモデルのアップロード、公開、ビジュアライゼーションをサポートしています。Sketchfabは、標準的なウェブページやソーシャルメディアへの3Dコンテンツの掲載をサポートしています。Sketchfabにはすでに非常に大きなユーザーコミュニティがあり、ウェブ上で3Dコンテンツを公開するための事実上の標準となりつつあります。

もう一つの選択肢は、学術的なオープンソースプラットフォームである3DHOP (3D Heritage On-line Presenter) です [6]。3DHOPは、Sketchfabよりもはるかに柔軟性が高く、さまざまなプレゼンテーション・レイアウトやインタラクション・モードをサポートしており、専門のユーザーが変更や設定を行うことができます。また、効率的なマルチレゾリューション・フォーマット (Nexus) を採用しており、3Dサンプリング・テクノロジーによるフル・レゾリューション・モデルのオンライン公開が可能です。

3つ目の選択肢は、もうひとつのオープンソースプロジェクトであるAton [7] です。AtonはSketchFabと同じオープンソースのライブラリをベースに、シーディングラフのコンセプトに焦点を当て、マルチレゾリューションとLODに機能を拡張することで、大規模な地形などの複雑な3Dデータセットの表示と視覚化を実現しています。フロントエンドでは、モバイルプラウザやマルチタッチデバイスをサポートし、カメラ操作、球体パノラマのサポート、豊富なアノテーション、没入型VRなどのオプションを提供しています。

-
- [1] <http://www.blender.org>
 - [2] <http://meshlab.sourceforge.net>
 - [3] <http://isda.ncsa.illinois.edu/NARA/CSR/php/search/conversions.php>
 - [4] <http://www.okino.com>
 - [5] <https://sketchfab.com/>
 - [6] <http://3dhop.net/>
 - [7] <http://osiris.itabc.cnr.it/scenebaker/index.php/projects/aton/>

3.3 文書化とメタデータ

3Dコンテンツの文書化は、ロンドン憲章、特に原則4に従うべきです。

コンピュータを用いた視覚化の方法や結果を、それらが導入された背景や目的に即して理解・評価できるよう、十分な情報を文書化し、普及させるべきです。

他の多くのデジタルデータセットと同様に、文書化はさまざまなレベルで行える可能性があります。3Dモデルの作成が、他のデータ収集・分析方法を含む大規模なフィールドワークプロジェクトの一部である場合はなおさらです。特に3Dモデルの場合、文書化とメタデータは、モデルのジオメトリ、外観、シーン情報に関する情報を記録するために使用され、画像やビデオファイルなどの派生オブジェクトも記録されます。

プロジェクトの文書化

3Dであろうとなかろうと、すべてのデータセットは大規模なプロジェクトの一部であり、そのため、目的、日付、関係者や組織に関するトップレベルのメタデータが必要となります。一般的なダブリンコアのプロジェクト・メタデータは、本ガイドの他の部分（プロジェクト・メタデータ）に記載されており、また3Dデータに関してはAHDS Virtual Reality guide (2002)の5.2節にも記載されています。このメタデータのセットは、プロジェクト情報をカバーするためにトップレベルで適用されるべきですが、異なる記録・計測によるデータの個別のサブセットにも適用することができます。このことは、本ガイド群の中で、レーザースキャン、写真計測、およびCADプロジェクトのための特定のメタデータセットを記述している箇所で示しています。

ワークフローと処理に関する文書化

3Dデータセットが、複数の取得作成・処理段階を含む複雑なワークフローの一部として生成される場合、メタデータや文書化は、保存対象のデータに応じた論理的な構成要素に分割する必要があります。記録すべき重要な情報として、最初のサンプリングを行うために使用された機器の種類、サンプリングされたデータを処理するために使用されたソフトウェア、再構築されたモデルに適用された処理の種類（例：穴埋め、表面の平滑化、表面の単純化など）が挙げられます。これらの要素については、レーザースキャン、写真測量、CAD、構造光スキャンに関するガイドで詳しく説明しています。

3D-ICONS Report on Metadata and Thesaurii (D'Andrea & Fernie 2013, 30, 49) では、ワークフローの文書化のための3DデータセットへのCARARE2メタデータスキーマの適用について詳細に説明しており、出典や取得 / デジタル化プロセスに加えて、さまざまなデジタル出力の関係に焦点を当てています。CRMDig仕様 [1] (Doerr & Theodoridou n.d.) は、3D conformプロジェクトがリポジトリを実装する際に使用した実績メタデータです。

複雑なワークフローを完全に文書化するために必要な詳細レベルは、使用される技術の複雑さと範囲に応じて異なります。特に、3Dモデルを作成するために参照した研究リソースの文書化、開発中に通過したプロセスの文書化、適用した手法の文書化、異なるコンポーネント間の関係や依存関係の記述などがその一部です。

ファイルレベルのメタデータ

ファイルフォーマットによっては、ファイル構造の中に特定のメタデータを保存できる場合があります。しかし、このようなメタデータは、ファイルとは別に記録し、外部に保存しておくことで、ファイルの内容と照らし合わせて要素をチェックできるようにすることが重要になります。Boeykens and Bogani (2008) は、オンラインリポジトリにおける3Dモデルの保存と検索に関連したメタデータのセットを説明しています。

以下に挙げるメタデータは、ファイルレベルで必要とされる最低限のものと考えるべきです（「プロジェクト・メタデータ」のセクションの表3に記載されているものに加えて）。これらは、前述のプロジェクトやプロセスレベルのメタデータを補完するものです。

表3:3Dモデルのファイルレベルのメタデータ（「プロジェクト・メタデータ」の項の表3に記載されたものに加えて）。

要素	説明
頂点数	モデルの頂点(点)の数
三角形・ポリゴン数	モデル内の三角形またはポリゴンの数
ジオメトリの種類	モデル内で使用されているジオメトリの種類(ワイヤーフレーム、パラメトリック、CSG、B-Repなど、該当する場合)。
スケール	どのようなスケールが存在するのか、1ユニットで何を表現するのかを示す。
座標系	モデルは現実世界の座標系を使用しているのか、任意の座標系を使用しているのか。
マスターか加工モデルか	生データを加工しただけのマスターモデルなのか、それともマスターから穴埋め、簡略化、スムージングなどを行った派生モデルなのか。
詳細度 (LOD); 解像度	モデルはどのくらい詳細か、スキャンの解像度はどのくらいか。
レイヤー	モデルはレイヤーを使用しているか？いくつのレイヤーがあるか？
カラー、テクスチャ	モデルにはカラーやテクスチャの情報が含まれているか。どのように保存されているか。ラスター・テクスチャ・ファイルが使用されている場合、これらは別途アーカイブする必要がある。
マテリアル	モデルのマテリアル特性に関する情報と、それらが実際のオブジェクトの物理的特性と一致するかどうか。
光源	モデルに使用されている光源の数と精度。
シェーダー	特殊なシェーダーや拡張シェーダーが使用されているか。
アニメーション	モデルにアニメーションが使用されているか、タイプ(キーフレーム、モーションキャプチャー)の説明とともに必要。
外部ファイル	3Dモデルを正しく開くために必要な外部ファイルのリスト(例:テクスチャやマテリアルファイル、OBJファイル用の画像)。

[1] See specification here: http://www.ics.forth.gr/isl/index_main.php?l=e&c=656

参考文献

- 3D-ICONS (2014) Project. <http://www.3dicons-project.eu>
- AHDS (2002) *Creating and Using Virtual Reality: A Guide for the Arts and Humanities*. AHDS Guides to Good Practice. http://www.vads.ac.uk/guides/vr_guide/
- Boeykens, S. & Bogani, E. (2008) 'Metadata for 3D models. How to search in 3D model repositories?' in Proceedings of the International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI) 2008. <https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/202356/1/boeykens-bogani.pdf>
- Callieri, M., Dellepiane, M., Cignoni, P., Scopigno, R. (2011) 'Processing sampled 3D data: reconstruction and visualization technologies'. In F. Stanco, S. Battiatto, G. Gallo (Eds) *Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation*. Taylor and Francis, pp.103-132. <http://vcg.isti.cnr.it/Publications/2011/CDCS11/>
- D'Andrea, A. & Fernie, K. (2013) *D6.1: Report on Metadata and Thesauri*. 3D-ICONS. <http://3dicons-project.eu/eng/Resources/D6.1-Report-on-Metadata-and-Thesaurii>
- De Luca, L. (2014) *D4.3 Final Report on Post-processing*. 3D-ICONS. <http://3dicons-project.eu/eng/Resources/D4.3-Final-Report-on-Post-processing>
- Di Benedetto, M., Ponchio, F., Malomo, L., Callieri, M., Dellepiane, M., Cignoni, P., Scopigno, R. (2014) 'Web and mobile visualization for Cultural Heritage'. In *Lecture Notes on Computer Science*, LNCS 8355, Springer, pp.18-35. <http://vcg.isti.cnr.it/Publications/2014/>

DPMCDCS14/

Doerr, M. & Theodoridou, M. (n.d) *CRMdig: A generic digital provenance model for scientific observation*. <http://www.cidoc-crm.org/docs/CRMdig-TAPP11.pdf>

McHenry, K. & Bajcsy, P. (2008) *An overview of 3D data content, file formats and viewers*. <http://isda.ncsa.illinois.edu/drupal/sites/default/files/NCSA-ISDA-2008-002.pdf>

McHenry, K. & Bajcsy, P. (2010) *3D+Time File Formats*. Technical Report NCSA-ISDA10-001. <http://isda.ncsa.uiuc.edu/peter/publications/techreports/2010/NCSA-ISDA-2010-001.pdf>

McHenry, K., Kooper, R., Marini, L. & Ondrejcek, M. (2011) 'The ISDA Tools: Preserving 3D Digital Content' in M. Dobrev, J. Dolve, D. Anderson *Preserving Complex Digital Objects*. Facet Publishing. <http://isda.ncsa.illinois.edu/drupal/publication/isda-tools-preserving-3d-digital-content>

The London Charter (2009). <http://www.londoncharter.org/>

その他のリソース

リポジトリ

- The Stanford 3D Scanning Repository (the Stanford Bunny; the Stanford Computer Graphics Laboratory). <http://graphics.stanford.edu/data/3Dscanrep/>

ツールとプログラム

- 3D-PDFs for Europeana: <http://www.carare.eu/rum/Media/Files/3D-Training-Materials>
- Adding 3D models to PDFs: <https://helpx.adobe.com/acrobat/using/adding-3d-models-pdfs-acrobat.html>

- Adobe Acrobat: Displaying 3D Models in PDFs: <https://helpx.adobe.com/acrobat/using/displaying-3d-models-pdfs.html>
- Blender: <http://www.blender.org>
- CRMdig http://www.ics.forth.gr/isl/index_main.php?l=e&c=656
- ConversionSoftwareRegistry: <http://isda.ncsa.illinois.edu/NARA/CSR>
- CutePDF: <http://www.cutepdf.com>
- MeshLab: <http://meshlab.sourceforge.net>
- Okino (Polytrans/Nugraph): <http://www.okino.com>
- PDF3D: <http://www.pdf3d.com>
- tetra4D: <http://www.tetra4d.com>